

**VERGLEICHENDE  
UNTERSUCHUNG ÜBER DEN DOSISBEDARF  
FÜR RÖNTGENDURCHLEUCHTUNGSUNTERSUCHUNGEN  
VON KINDERN BEI VERWENDUNG VERSCHIEDENER  
TECHNIKEN FÜR DIE RÖNTGENZIELAUFNAHMEN**

**THOMAS FENDEL**

**1986**

*Des  
Minden*



Aus der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH  
Neuherberg bei München

Institut für Strahlenschutz  
(Direktor: Prof. Dr. W. Jacobi)

Vergleichende Untersuchung über den Dosisbedarf für Röntgen-  
durchleuchtungsuntersuchungen von Kindern bei Verwendung  
verschiedener Techniken für die RöntgenzieleAufnahmen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Thomas Fendel  
aus  
Leverkusen

1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter:

Prof. Dr. F.-E. Stieve

Mitberichterstatter:

Prof. Dr. J. Lissner

Dekan:

Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen

Prüfung:

25. Februar 1986

## Inhaltsverzeichnis

|        |                                                                                                    |    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | Einleitung                                                                                         | 1  |
| 1.1.   | Erzeugung eines Röntgenbildes                                                                      | 1  |
| 1.1.1. | Verwendung eines Leuchtschirms                                                                     | 1  |
| 1.1.2. | Röntgenbildverstärker (RBV)                                                                        | 1  |
| 1.2.   | Dokumentation eines Röntgenbildes                                                                  | 2  |
| 1.2.1. | Röntgenphotographie unter Verwendung eines Film-<br>Folien-Systems (sogenannte Direktphotographie) | 2  |
| 1.2.2. | Röntgenbildverstärker-Photographie                                                                 | 2  |
| 1.2.3. | Photographie vom Fernseh wiedergabeschirm                                                          | 2  |
| 1.3.   | Leuchtstoffe                                                                                       | 3  |
| 1.4.   | Verstärkerfolien                                                                                   | 5  |
| 1.4.1. | Bildschärfe und Verstärkerwirkung                                                                  | 6  |
| 1.4.2. | Ursachen der Unschärfe                                                                             | 7  |
| 1.4.3. | Verstärkerfolien auf der Basis neuer Leuchtstoffe<br>meist als Seltene Erden bezeichnet            | 8  |
| 1.5.   | Seltene Erden                                                                                      | 9  |
| 1.5.1. | Höhere Verstärkerwirkung der neuen Generation<br>von Verstärker-Folien                             | 9  |
| 1.6.   | Filterung                                                                                          | 11 |
| 1.6.1. | Für die Filterung von Röntgenstrahlen verwen-<br>dete Materialien                                  | 11 |
| 1.7.   | Kohlefasern in der Radiologie                                                                      | 12 |
| 2.     | Fragestellung                                                                                      | 14 |
| 3.     | Literaturübersicht                                                                                 | 15 |
| 4.     | Methodik                                                                                           | 17 |
| 4.1.   | Diagnostisch-apparative Ausstattung                                                                | 17 |
| 4.2.   | Angewandte Meßmethodik und Sammlung der Daten                                                      | 19 |

|        |                                       |    |
|--------|---------------------------------------|----|
| 4.3.   | Altersklasseneinteilung               | 21 |
| 5.     | Eigene Untersuchungen und Ergebnisse  | 23 |
| 5.1.   | Miktionscystourethrogramm             | 23 |
| 5.2.   | Oesophaguspassage                     | 38 |
| 5.3.   | Obere Magendarmpassage                | 53 |
| 5.4.   | Herniographie                         | 67 |
| 6.     | Diskussion                            | 82 |
| 6.1.   | Bewertung der eigenen Ergebnisse      | 82 |
| 6.1.1. | Anzahl der Aufnahmen pro Untersuchung | 82 |
| 6.1.2. | Dosis pro Aufnahme                    | 83 |
| 6.1.3. | Gesamtdosis der Aufnahmen             | 84 |
| 6.1.4. | Durchleuchtungszeit                   | 84 |
| 6.1.5. | Dosisleistung bei Durchleuchtung      | 85 |
| 6.1.6. | Gesamtdosis bei der Durchleuchtung    | 85 |
| 6.1.7. | Gesamtdosis pro Untersuchung          | 85 |
| 6.2.   | Folgerungen                           | 86 |
| 7.     | Zusammenfassung                       | 89 |
| 8.     | Literaturverzeichnis                  | 94 |
| 9.     | Danksagung                            | 97 |
| 10.    | Lebenslauf                            | 98 |

## 1. Einleitung

### 1.1. Erzeugung eines Röntgenbildes

Zur Umwandlung des für das Auge unsichtbaren Strahlenbildes werden heute in der Röntgendiagnostik hauptsächlich folgende Möglichkeiten genutzt.

#### 1.1.1. Verwendung eines Leuchtschirms

Hierbei bedient man sich eines auf eine Fläche aufgetragenen Leuchtstoffs, der bei Bestrahlung sichtbares Licht aussendet. Die Verwendung eines solchen Leuchtschirms in der medizinischen Diagnostik ist jedoch in der Bundesrepublik Deutschland nach den Richtlinien der Kassenärztlichen Bundesvereinigung, zuletzt geändert am 10.12.1983, nicht mehr zulässig.

#### 1.1.2. Röntgenbildverstärker (RBV)

Hierbei werden die auftreffenden Röntgenstrahlen zunächst auf einem Leuchtschirm in sichtbares Licht umgewandelt. Dieses Leuchtschirmbild wirkt auf eine dicht aufliegende Photokathode, welche an den belichteten Stellen Elektronen emittiert. Diese treffen, in einem elektrischen Feld beschleunigt und fokussiert, auf einen zweiten, im Verhältnis zum Eingangsschirm bis zu 15mal kleineren Leuchtschirm. Hier erzeugen sie ein in der Leuchtdichte vielfach verstärktes Bild. Die Verstärkung resultiert aus der Energieaufnahme der Elektronen im beschleunigenden elektrischen Feld und der Verkleinerung der Abbildung. Durch eine an den Ausgangsleuchtschirm angeschlossene Fernsehkamera kann das erzeugte Bild auf einem Monitor sichtbar gemacht werden.

## 1.2. Dokumentation eines Röntgenbildes

Zur Dokumentation des Röntgenbildes finden hauptsächlich drei Verfahren Anwendung.

### 1.2.1. Röntgenphotographie unter Verwendung eines Film-Folien-Systems (sogenannte Direktphotographie)

Dabei werden die auftreffenden Röntgenstrahlen wie beim Leuchtschirm durch mit einem Leuchtstoff beschichtete, meist vor und hinter dem Film liegende Folien in sichtbares Licht umgewandelt. Mit diesem Lumineszenzlicht wird ein mit den Folien in direktem Kontakt liegender Film belichtet.

### 1.2.2. Röntgenbildverstärker-Photographie

Durch eine an den Ausgangsleuchtschirm des Bildverstärkers angeschlossene Kamera kann das dort erscheinende Bild photographisch auf einem 70 oder 100 mm Film festgehalten werden.

### 1.2.3. Photographie vom Fernsehwiedergabeschirm

Bei dieser Methode werden Aufnahmen von einem Fernsehwiedergabeschirm angefertigt, zum Beispiel von dem elektronisch verstärkten und eventuell geänderten Bild einer Bildverstärker-Fernsehkette, eines Computertomographen u.a.

### 1.3. Leuchtstoffe

Leuchtstoffe sind Substanzen, die bei Erregung durch kurzwelliges Licht (UV), Röntgen-, Elektronen- oder andere Korpuskularstrahlen Licht im sichtbaren Bereich oder in den benachbarten Spektralbereichen emittieren. Diese Erscheinung wird als Photolumineszenz bezeichnet. Der Vorgang der Lumineszenz setzt sich aus der Phosphoreszenz und der Fluoreszenz zusammen, wobei unter Fluoreszenz die unverzögerte Lichtemission bei Erregung des Leuchtstoffs verstanden wird, unter Phosphoreszenz die zeitlich verzögerte Lichtemission (Nachleuchten).

Bei der Umwandlung von Röntgenstrahlenenergie in Lichtenergie entstehen durch Absorption von Röntgenquanten im Leuchtstoff freie Elektronen, die auf ihrem Weg durch das Kristallgitter die Lumineszenz-Zentren anregen, das heißt gebundene Elektronen in höhere Energieniveaus anheben. Beim Rücksprung der Elektronen auf ihr ursprüngliches Energieniveau (Grundzustand) wird sichtbares Licht emittiert. Nach dem Stokeschen Gesetz (1852) ist die Wellenlänge des emittierten Lichts meist größer, jedoch nie kleiner als die des anregenden Lichts. Die Menge der im Leuchtstoff absorbierten Röntgenquanten ist vom Absorptionskoeffizienten, das heißt von der Ordnungszahl der im Leuchtstoff enthaltenen Elemente, von der Dichte des Leuchtstoffes, von der Dicke der Leuchtschicht und von der Wellenlänge der Strahlung abhängig.

An einen Leuchtstoff, der in der Röntgendiagnostik Verwendung findet, werden folgende Forderungen gestellt:

- a. Absorption und Quantenausbeute sollen möglichst groß sein.
- b. Die Wellenlänge des vom Leuchtstoff emittierten Lichts soll an die spektrale Empfindlichkeit des lichtempfindenden Organs respektive Bildfängers (Auge, Film, Photokathode, Fernsehkamera) angepasst sein.
- c. Die Phosphoreszenz (Nachleuchten) soll gering sein.
- d. Der Leuchtstoff muß chemisch stabil sein; er darf sich auch unter Röntgenbestrahlung nicht verändern.

Nach diesen Kriterien sind nur wenige der bekannten Leuchtstoffe für die Röntgendiagnostik geeignet.

Der bisher in der medizinischen Röntgentechnik am häufigsten benutzte Leuchtstoff ist Kalziumwolframat ( $\text{CaWO}_4$ ). Dessen Eignung als Leuchtstoff wurde bereits 1896 von Thomas Edison entdeckt (8,33). Mit seinem Emissionsspektrum im blau-violetten Bereich (380–500 nm) ist Kalziumwolframat zur Herstellung von Verstärkerfolien besonders geeignet. Seit 1940 wird außerdem Barium als Bleibariumsulfat ( $\text{BaSO}_4\text{Pb}$ ) und später als Bariumstrontiumsulfat ( $\text{BaSrSO}_4$ ) und Bariumfluorchlorid ( $\text{BaFCl}$ ) verwendet.

Bei Röntgenleuchtschirmen und Röntgenbildverstärker-Leuchtschirmen wird heute hauptsächlich Caesiumjodid als Leuchtstoff verwendet. Dieses hat die früher gebräuchlichen Cadmiumzinksulfit bzw. -zinksulfat Beschichtung wegen seiner weit höheren Lichtausbeute abgelöst.

In jüngster Zeit werden in immer größerem Maße neue Leuchtstoffe vor allem auf der Basis der zur Gruppe der Seltenen Erden und der Gruppe der Titanium-Familie gehörenden Elemente als Verstärkerfolien in die Röntgendiagnostik eingeführt. 1972 berichteten Buchanan und Mitarbeiter über Versuche mit Folien, für deren Leuchtsubstanzen terbiumaktiviertes Gadoliniumoxysulfid und terbiumaktiviertes Lanthanoxysulfid verwendet wurde (4,38). Seit 1973 wird auch Yttrium als Leuchtstoff verwendet. Diese Folien sind deshalb besonders gut geeignet, weil sie gegenüber Kalziumwolframatfolien eine höhere Absorption der Röntgenstrahlen und eine höhere Lichtausbeute besitzen.

#### 1.4. Verstärkerfolien

Der größte Teil aller Röntgenaufnahmen wird heute unter Verwendung eines Film-Folien-Systems angefertigt. Bereits 1897 entwickelte Levy das noch heute gebräuchliche System mit einem auf beiden Seiten begossenen Film, der durch je eine vorn und hinten direkt aufliegende Verstärkerfolie belichtet wird (8,33). Um beide Seiten des Films gleichmäßig zu belichten, verwendet man Film-Folien-Kombinationen, bei denen die Rückfolie meist stärker mit Leuchtstoff belegt ist als die Vorderfolie. Bei der Anfertigung eines Röntgenbildes unter Verwendung eines Film-Folien-Systems wird der Film zu etwa 95% durch das Lumineszenzlicht der Folien und nur zu etwa 5% direkt durch die Röntgenstrahlung belichtet.

#### 1.4.1. Bildschärfe und Verstärkerwirkung

Unter Schärfe wird im allgemeinen der subjektive, empfindungsmäßige Eindruck eines Gesamtbildes verstanden. Bei hohen Ansprüchen an Schärfe erwartet man, daß die Konturen bestimmter Objekte deutlich in Erscheinung treten. Als Korrelationsmaß für die Schärfe einer photographischen Abbildung wurde deshalb der Begriff "Acutance" eingeführt. Damit ist es möglich, die photographische Abbildung von Kanten und ähnlichen Übergängen zu beurteilen. Dieses Maß basiert auf dem Gradienten der optischen Dichte und der Differenz optischer Dichten. Die Acutance korreliert in vielen Fällen gut mit dem subjektiven Schärfeeindruck. Da die "subjektive" Schärfe keinen Zusammenhang zwischen Objekt und Bild angibt, wird der objektive Zusammenhang in der Radiologie mit dem Begriff der "Unschärfe" beschrieben. Die Unschärfe kennzeichnet mit Hilfe einer Zahlengröße die Abbildungseigenschaft eines Übertragungssystems. Sie wird gewöhnlich durch Ausmessen eines Kantenbildes bestimmt. Der Verlauf der optischen Dichte (meist als Schwärzungsverlauf bezeichnet) im Kantenbild bestimmt dabei die Unschärfe. Sie wird als Strecke angegeben, innerhalb derer der Intensitätsabfall erfolgt. Die Gesamtunschärfe setzt sich aus den Teilunschärfen des Abbildungssystems zusammen, wobei die Gesamtunschärfe das geometrische Mittel der Teilunschärfen ist. In den folgenden Beschreibungen wird deshalb hier der Begriff "Unschärfe" verwendet.

Mit zunehmender Verstärkerwirkung einer Folie steigert sich die Unschärfe, umgekehrt gilt, je geringer die Unschärfe, desto geringer die Verstärkung. Dies führte zur Entwicklung verschiedener

den jeweiligen Anforderungen angepasster Folientypen. So stehen heute neben den sogenannten Universalfolien auch fein- und feinstzeichnende Folien mit einer geringeren Unschärfe, aber geringerer Verstärkerwirkung zur Verfügung. Hoch- und höchstverstärkende Folien werden immer dann eingesetzt, wenn die Dosiseinsparung im Vordergrund steht und trotz der damit verbundenen geringeren Detailerkennbarkeit die gewünschte diagnostische Aussage gemacht werden kann (1,9).

#### 1.4.2. Ursachen der Unschärfe

##### a. geometrische Unschärfe:

Sie verringert sich mit zunehmendem Fokus-Filmabstand und der Verkleinerung des Brennflecks der Röntgenröhre.

##### b. Bewegungsunschärfe:

Sie ist abhängig von der erforderlichen Belichtungszeit bei der Aufnahme bewegter Objekte. Durch Benutzung von Folien mit hoher Verstärkerwirkung, die kürzere Belichtungszeiten ermöglichen, läßt sich die Bewegungsunschärfe verringern.

##### c. Innere Unschärfe:

Unter innerer Unschärfe wird diejenige Unschärfe verstanden, die im bildgebenden System entsteht. Sie setzt sich bei der Direktphotographie aus dem Auflösungsvermögen der Verstärkerfolien und der Filme sowie einigen anderen Komponenten zusammen.

Auch die Absorption und Streuung der Röntgenstrahlen an der vorderen Kassettenwand verursacht Unschärfe. Außerdem wird Unschärfe durch die Schutzschicht der Folien verursacht.

Beim sogenannten Cross-Over-Effekt entsteht Unschärfe durch das Lumineszenzlicht der gegenüberliegenden Verstärkerfolie, das durch die der Folie anliegende Schicht des Röntgenfilms dringt bzw. im Film gestreut wird. Auch statistische Schwankungen der Dicke der Leuchtstoffbeschichtung der Folie tragen zur Unschärfe bei. Aus einer inhomogenen Leuchtstoffverteilung resultiert eine unregelmäßige Schwärzung des Films. Schließlich haben auch die Kristallform sowie die kristalloptischen Eigenschaften des Leuchtstoffs großen Einfluß auf die Abbildungsqualität einer Verstärkerfolie. Bei der Bildverstärkerphotographie bestimmt vor allem das Auflösungsvermögen des Eingangsröntgenschrims, des Ausgangsschrims und der Photokathode die innere Unschärfe.

#### 1.4.3 Verstärkerfolien auf der Basis neuer Leuchtstoffe, meist als Seltene Erden bezeichnet

Die Kalziumwolframat-Folien sind im Laufe der Jahre kontinuierlich verbessert worden, so daß heute mit diesem Leuchtstoff kein wesentlicher Spielraum zur weiteren Verbesserung der Abbildungsgüte und Erhöhung der Verstärkung mehr gegeben ist.

Neue Möglichkeiten zeigten erst Leuchtstoffe aus der Bariumgruppe sowie Verbindungen mit Seltenen Erden. Als Leuchtstoffe aus dieser Gruppe finden Gadoliniumoxysulfid ( $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$ ) und Lanthanoxybromid ( $\text{LaOBr}$ ), Bariumfluorchlorid ( $\text{BaFCl}$ ) und Yttriumoxysulfid ( $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}$ ) Verwendung. Die Aktivierung erfolgt durch Terbium(Tb) oder durch Europium(Eu) (4,18,24).

### 1.5. Seltene Erden

Unter Seltenen Erden werden die Elemente der 3. Nebengruppe des Periodensystems mit den Ordnungszahlen 58 - 71 zusammengefasst. Den Namen "Erden" tragen sie wegen ihrer engen Verwandtschaft mit Tonerde (Aluminiumoxid). "Selten" heißen sie wegen des ursprünglich sehr teuren Trennverfahrens, das zu ihrer Gewinnung notwendig war.

Die dreiwertigen Ionen der Seltenen Erden unterscheiden sich lediglich in der Besetzung der inneren 4-f Schale. Die Abstrahlung von Lumineszenzlicht erfolgt innerhalb der inneren Schalen, geschützt durch die äußeren Schalen. Daher sind die Lumineszenzspektren der Seltene-Erden-Folien linienhaft im Gegensatz zum kontinuierlichen Spektrum der Kalziumwolframat-Folien. Da einige der Leuchtstoffe grünes Lumineszenzlicht emittieren, müssen spezielle, auf grünes Licht sensibilisierte Filme verwendet werden.

#### 1.5.1. Höhere Verstärkerwirkung der neuen Generation von Verstärker-Folien

Die neue Generation der Verstärker-Folien zeigt eine höhere Röntgenstrahlenabsorption und Quantenausbeute und damit eine größere Verstärkerwirkung als herkömmliche Kalziumwolframat-Folien. In der Literatur wird der Dosisbedarf um den Faktor 2 -6 kleiner als bei herkömmlichen Kalziumwolframat-Folien angegeben (1,2,9,13, 14,21,24,).

Aus der Verwendung der neuen Generation von Verstärker-Folien resultieren nach Degenhardt (9) folgende Vorteile:

- a. Verkürzung der Belichtungszeit, dadurch Verringerung der Bewegungsunschärfe bei bewegten Aufnahmeobjekten.
- b. Geringere geometrische Unschärfe, da kleinere Brennflecke der Röntgenröhre verwendet werden können.
- c. Wegen des höheren Bildkontrastes der neuen Folien kann die Aufnahmespannung erhöht werden, was eine beträchtliche Verringerung der Dosis zur Folge hat.
- d. Wird auf die höchste Verstärkungswirkung verzichtet, so zeigt die neue Generation der Verstärker-Folien bei gleichem Dosisbedarf wie Kalziumwolframat-Folien eine höhere Auflösung. Dies resultiert aus der dünneren Leuchtstoffschicht bei höherer Quantenabsorption.

Nachteilig gegenüber Kalziumwolframat-Folien ist der größere Spannungsgang der neuen Folien. Als Spannungsgang wird die Abhängigkeit der Verstärkerwirkung einer Folie von der Röhrenspannung bezeichnet. Dieser stärkere Spannungsgang der neuen Generation von Folien läßt sich jedoch mit programmierten Einstellsystemen kompensieren (1,7,9,10,14,20,24). Auch die Verwendung von Kohlefaser-Kassetten, deren Absorption im unteren Wellenlängenbereich geringer ist als die der herkömmlichen Aluminium-Kassetten, gleicht den Spannungsgang der Seltene-Erden-Folien aus (17,20,34).

## 1.6. Filterung

Das Energiespektrum der von einer Röntgenröhre produzierten Photonenstrahlen ist zu breit. Für die Bildgebung sind hauptsächlich die Photonen aus der Mitte des Energiespektrums erwünscht. Die Photonen mit einer zu geringen Energie werden im Körper des untersuchten Patienten absorbiert und führen somit nur zu einer erhöhten Strahlenbelastung. Auf die Bildgebung haben sie keinen Einfluß. Die Photonen aus dem oberen Bereich des Energiespektrums führen zu einer Herabsetzung des Kontrastes des erzeugten Röntgenbildes. Deshalb werden Röntgenröhren zur Verbesserung der Bildqualität und zur Vermeidung einer unnötigen Strahlenbelastung der Patienten mit Zusatzfiltern ausgerüstet, die vorwiegend den unteren Bereich des Energiespektrums schwächen (niederenergetischer Bereich).

### 1.6.1. Für die Filterung von Röntgenstrahlen verwendete Materialien

Schon die Röntgenröhre besitzt eine Filterwirkung, die etwa 1 mm Aluminium entspricht. Zur Zusatzfilterung finden Metallplatten unterschiedlicher Art und Dicke Verwendung. Diese Metallplatten werden direkt unterhalb des Austrittsfensters der Röntgenröhre angebracht.

Das am meisten verwendete Filtermaterial ist Aluminium. Dieses Metall absorbiert je nach verwendeter Materialstärke und der Energie der Röntgenstrahlung einen bestimmten Teil der von der Röntgenröhre emittierten Photonen. Die Absorption ist bei Photo-

nen niedriger Energie am höchsten, mit steigender Photonenenergie nimmt sie kontinuierlich ab.

Ein anderes Absorptionsverhalten zeigen Filter auf der Basis von schweren Elementen, wie Eisen, Holmium, Gadolinium, Cadmium und Rhodium. Diese Filtermaterialien haben die Eigenschaft, Photonen mit bestimmter Energie fast ungehindert passieren zu lassen, wohingegen Photonen aus dem unteren und dem oberen Bereich des Energiespektrums der Röntgenröhre zu einem großen Teil absorbiert werden (36).

Heinrich und Schuster (19) weisen auf die besonders für die Kinderradiologie gute Eignung von Molybdän als Filtermaterial hin. Sie beschreiben eine Erniedrigung der Hautdosis um den Faktor 2 - 3 bei Verwendung eines Molybdänfilters im Vergleich zu Aluminiumfilterung bei Durchleuchtungsuntersuchungen von Kindern. Als Ursache der Dosisersparnis geben sie die im Vergleich zu Aluminium größere Absorption der niederenergetischen Photonen an.

### 1.7. Kohlefasern in der Radiologie

Seit einigen Jahren wird von verschiedenen Autoren über Vorteile von Kohlefasern berichtet, die anstatt Aluminium oder Kunststoffen bei der Herstellung von Röntgenkassetten und Kassettenswchslern sowie anstelle von Holz und Kunststoffen bei Röntgenaufnahme-Tischen verwendet wird (5,20,29). Kohlefasern zeichnen sich gegenüber Aluminium bei gleicher oder höherer Stabilität durch eine höhere Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen aus. Diese

im Vergleich zu Aluminium verminderte Röntgenstrahlenabsorption von Kohlefasern führt zu einer Verringerung der für die Bildentstehung benötigten Dosis. Bei Verwendung von Röntgenaufnahme-Kassetten aus Kohlefasern wird eine Dosisreduktion zwischen 15 - 30% gegenüber Aluminiumkassetten erzielt (17,31,34). Der zur Zeit noch sehr hohe Preis von Kohlefasern steht jedoch vorerst der weiten Verbreitung der Kohlefaserausrüstung in der medizinischen Röntgentechnik noch im Wege.

## 2. Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, welchen Einfluß verschiedene Aufnahmetechniken bei Durchleuchtungsuntersuchungen von Kindern auf die benötigte Strahlenmenge haben.

Es werden drei verschiedene Aufnahmetechniken für durchleuchtungsgezielte Aufnahmen bei Durchleuchtungsuntersuchungen miteinander verglichen:

- a. Aufnahmen mit Kalziumwolframat-Folien,
- b. Röntgenbildverstärker-Photographie,
- c. Aufnahmen mit Seltene-Erden-Folien vom Typ Trimax 16, Molybdänfilterung und Kohlefaserausrüstung.

Diese drei Techniken werden in folgenden Punkten verglichen:

- a. Zahl der Aufnahmen pro Untersuchung,
- b. Flächendosisprodukt pro Aufnahme,
- c. Flächendosisprodukt für die Gesamtzahl der Aufnahmen pro Untersuchung,
- d. Durchleuchtungszeit pro Untersuchung,
- e. Flächendosisprodukt dividiert durch die Durchleuchtungszeit (als Referenzwert der Dosisleistung) bei Durchleuchtung,
- f. Flächendosisprodukt für die Durchleuchtung pro Untersuchung,
- g. Flächendosisprodukt pro Untersuchung (Gesamtzahl der Aufnahmen plus Durchleuchtung).

Die vorliegende Arbeit beschränkt sich auf die Auswertung folgender in genügend großer Anzahl durchgeführter diagnostischer Methoden:

- a. Miktionscystourethrographie,
- b. Oesophaguspassage,
- c. Obere Magendarmpassage,
- d. Herniographie.

Die am häufigsten durchgeführte Untersuchung war das Miktionscystourethrogramm. Die am häufigsten angewandte Aufnahmetechnik war die Röntgenbildverstärker-Photographie.

### 3. Literaturübersicht

Nachdem Buchanan und Mitarbeiter 1972 erstmals über einen im Vergleich zu herkömmlichen Kalziumwolframat-Folien geringeren Dosisbedarf der neuen Folien auf der Basis von Seltenen Erden berichteten (4), haben mehrere Autoren diese Folien sowohl in theoretischen Prüfungen als auch in der klinischen Praxis getestet.

So berichteten Degenhardt und Mitarbeiter (1975) über eine Dosis-einsparung von 50% bei Verwendung der Seltene-Erden-Folien gegenüber herkömmlichen Folien bei gleicher Abbildungsgüte (10). Freyschmidt und Saure wiesen 1976 auf die besondere Bedeutung der Seltene-Erden-Folien in der Kinderradiologie hin (15). Kraft und Mitarbeiter hielten 1975 eine Verminderung der Aufnahmedosis je nach verwendeter Folie um den Faktor 2 -10 für möglich (26). Hagemann und Mitarbeiter konnten bei Vergleichsaufnahmen an einem

Phantom eine Dosisreduktion von 40% gegenüber Aufnahmen mit Universalfolien bei gleichzeitiger Verbesserung der Auflösung um 45% feststellen (18). Nach Jötten beträgt der Dosisbedarf bei mittlerer Aufnahmespannung, um eine definierte Schwärzung  $s=1$  zu erhalten, mit herkömmlichen Foliensystemen 800  $\mu\text{R}$ , mit den neuen Seltene-Erden-Folien 400 bzw. 200  $\mu\text{R}$  und für eine Indirektaufnahme mittels Bildverstärkertechnik 35  $\mu\text{R}$  (21).

Maurer wies 1978 auf die Vorteile der Bildverstärkertechnik gegenüber der herkömmlichen Aufnahmetechnik mit Film-Folienkombinationen hin. Er beschrieb eine Verringerung der Aufnahmedosis um den Faktor 10 gegenüber Aufnahmen mit Universalfolien, wohingegen bei Verwendung der Seltene-Erden-Folien lediglich eine Verringerung um den Faktor 2 gegenüber Aufnahmen mit Universalfolien möglich sei (26). Nach Stieve ist der Aufnahmedosisbedarf bei Verwendung der Indirekttechnik in praxi mindestens 70% geringer als bei der gleichen Untersuchung mit herkömmlichen Großbildaufnahmen (32). Lissner und Mitarbeiter fanden für mit Bildverstärkertechnik angefertigte Indirektaufnahmen eine Erniedrigung des Dosisbedarfs um den Faktor 4 gegenüber Universalfolien und um einen Faktor 2 gegenüber Spezialfolien (25). Friedmann und Mitarbeiter wiesen auf die Notwendigkeit der exakten Einstellung des Bildverstärkers hin und auf eine Aufnahmespannung von mindestens 60 kV bei Verzicht auf ein Hartstrahlraster, um die gewünschte Dosisreduktion gegenüber der Großbildaufnahme zu erzielen; im andern Fall sei im Vergleich zur konventionellen Technik sogar eine Erhöhung der benötigten Dosis bei Verwendung der Bildverstärkertechnik möglich (16).

## 4. Methodik

### 4.1. Diagnostisch-apparative Ausstattung

Bei den dieser Auswertung zugrunde liegenden Untersuchungen wurde folgende Röntgeneinrichtung benutzt:

Ein Zwölf-Puls-Generator der Firma Philips Typ Maximus M 100 mit einer Leistung von 100 kW. Eine Super-Rotalix 31/100 Röntgenröhre der Firma Philips mit einer Wolfram-Rhenium-Anode und wählbaren Brennflecken von 0,6 und 1,5 mm. Bei den ausgewerteten Untersuchungen wurde fast ausschließlich der kleinere Brennfleck verwendet.

Der Röntgenbildverstärker mit Caesium-Jodid-Eingangsbildschirm hat zwei wählbare Eingangsformate von 23 und 13 cm. Beim 23 cm Eingangsformat beträgt die Auflösung 34 Linienpaare pro cm, beim 13 cm Eingangsformat 40 Linienpaare pro cm. Mit dem Bildverstärker verbunden ist eine Fernsehkette, die mit einer Plumbicon<sup>(R)</sup>-Kamera-Röhre ausgestattet ist. Sobald die nötige Dosis am Bildverstärkereingang erreicht ist, regelt eine Irisblende die Dosisleistung. Die Helligkeitsstabilisierung wird über die Fernsehkette geregelt. Stellgrößen sind Röhrenstrom und Spannung. Bei dieser automatischen Regelung wird eine über das Videosignal der Kamera gesteuerte Meßspannung mit einem Bezugswert verglichen. Die Differenz zwischen beiden Werten ergibt die benötigte Helligkeitskorrektur des Bildes. Durch automatische Veränderung der Spannung (kV) und des Röhrenstroms (mA) wird die richtige Helligkeit eingestellt. Im kV-Simulator wird die erzeugte Hochspannung indirekt gemessen und danach der Röhrenstrom nach einem

festen Verhältnis bestimmt. Bei Umschaltung auf kV-Handregelung folgt der Röhrenstrom dem kV-Wert nach einem etwas anderen Verhältnis. Durch eine Handregelung des Röhrenstroms und gleichzeitige automatische Regelung der Röhrenspannung kann der Bildkontrast beeinflusst werden.

Beim Bildverstärkereingangsformat von 23 cm ist die Dosisleistung am Bildverstärkereingang zwischen 5 - 8  $\mu\text{R/sec}$  und 20  $\mu\text{R/sec}$  umschaltbar, beim Eingangsformat von 13 cm zwischen 15  $\mu\text{R/sec}$  und 30  $\mu\text{R/sec}$ .

Im allgemeinen wird mit der geringeren Dosisleistung gearbeitet; die höhere Dosisleistung wird nur verwendet, wenn eine genauere Beurteilung eines Bildes erforderlich ist. Bei Vergrößerungstechnik ist allerdings immer die höhere Dosisleistung (also 30  $\mu\text{R/sec}$ ) erforderlich. Diese höhere Dosisleistung am Bildverstärkereingang bei Verwendung der elektronischen Bildvergrößerung ist für die nachfolgend dargestellten Ergebnisse der Vergleichsmessungen ein wichtiger Umstand.

Als Zielgerät wird ein Philips Scopomat 73 verwendet, an das eine 70mm-Schnellschaltkamera angeschlossen ist. Mit dieser können also Bildserien bis zu 6 Bilder pro Sekunde angefertigt werden. Als Filmmaterial für die 70mm-Aufnahmen wird der Scopix RP 2 von Agfa-Gaevert verwendet. Dieser wird in einer Gevomatic Entwicklungsmaschine entwickelt.

Die Aufnahmen mit Kalziumwolframat-Folien (Universalfolien der Firma CAWO) wurden mit Agfa-Gevaert Curix RP 1 Film angefertigt. Für die Aufnahmen mit Seltene-Erden-Folien (Trimax 16 der Firma 3M) wurde der Trimax XD Film der Firma 3M verwendet. Beide Filme wurden maschinell in einer Agfa Gevomatic Entwicklungsmaschine in 90 Sekunden bei einer Temperatur von 35° entwickelt.

Die 70mm-Aufnahmen werden bei vorgewählter Spannung mit Hilfe der Belichtungsautomatik angefertigt. Die gewählten Aufnahmespannungen schwanken je nach Art der Untersuchung und Dicke des Patienten zwischen 80 -120 kV. Zur Anfertigung der Indirekt-Aufnahmen wurde meistens die Vergrößerungstechnik benutzt. Von Übersichtsaufnahmen abgesehen wurde überwiegend auf eine Feldgröße von 9 x 12 cm eingeblendet. Auf ein Streustrahlenraster wurde zur Dosissparnis bewußt verzichtet.

#### 4.2. Angewandte Meßmethodik und Sammlung der Daten

Die Messung des Flächendosisprodukts wurde mit einem Flächen-dosisproduktmeßgerät (Diamentor) der Firma Physikalisch-Technische Werkstätten Dr.Pychlau, Freiburg, vorgenommen. Dabei wird an der Austrittsseite des Tiefenblendenkastens eine transparente Flachkammer zur Dosismessung angebracht. Das Meßfeld dieser Ionisationskammer ist stets größer als der Querschnitt des Nutzstrahls in diesem Abstand vom Röhrenbrennfleck. Das Meßergebnis ist nicht nur von der Dosis, sondern auch von der für die jeweilige Aufnahme oder Durchleuchtung eingestellten Feldgröße abhängig. Die Dosis multipliziert mit der Feldgröße ergibt das Flächendosisprodukt.

Nach DIN 6814, Teil 3, ist das Flächendosisprodukt das Flächenintegral der Luftkerma über eine Schnittfläche durch das Nutzstrahlenbündel. Es dient in der Röntgendiagnostik zur Kontrolle der Strahlenexposition von Patienten. Die SI-Einheit des Flächendosisproduktes ist das  $\text{Gym}^2$ . Üblicherweise wird als Teil dieser Einheit das  $\text{Gycm}^2$  verwendet. Bis zum 1.1.1986 durfte für das Flächendosisprodukt noch das Flächenintegral der Standard-Ionendosis mit der Einheit  $\text{Rcm}^2$  verwendet werden. Die dieser Arbeit, die vor Ablauf der Übergangszeit abgeschlossen wurde, zugrundeliegenden Daten wurden in der letztgenannten Einheit gemessen. Sie sind deshalb im folgenden in  $\text{Rcm}^2$  angegeben. Zur Umrechnung auf das Flächenintegral der Luftkerma gilt die Beziehung 1  $\text{Rcm}^2$  entspricht 8,7  $\text{mGycm}^2$ .

Das Flächendosisprodukt ist vom Abstand zwischen Brennfleck und interessierender Objektebene unabhängig. Wird zum Beispiel bei einem Brennfleckabstand von 100 cm in der Objektebene eine Dosis von 40 mGy bei einer Feldgröße von 10 x 10 cm verabreicht, so ergibt dies ein Flächendosisprodukt von  $40 \times 100 = 4000 \text{ mGycm}^2$ .

Bei einer Verkürzung des Brennfleckabstand auf die Hälfte steigt nach dem Abstand-Quadrat-Gesetz die Dosis in der Objektebene auf das 4fache = 160 mGy. Da jedoch die Feldgröße bei diesem Abstand sich auf ein Viertel =  $25 \text{ cm}^2$  verkleinert, bleibt das Flächendosisprodukt gleich.

Bei einer Durchleuchtung kann aus dem Gesamtflächendosisprodukt dividiert durch die Durchleuchtungszeit eine "Flächendosispro-

duktleistung" errechnet werden. Wenn während der Durchleuchtung die Feldgröße nicht oder nur unwesentlich verändert wird, kann dieser errechnete Wert als Referenzwert für die Dosisleistung der Röntgenröhre verwendet werden. Diese Voraussetzung war bei den einzelnen Untersuchungsarten, die miteinander verglichen wurden, gegeben.

Im folgenden wird zur Vereinfachung statt von Flächendosisprodukt nur von Dosis gesprochen und der zuletzt beschriebene Referenzwert als Dosisleistung bezeichnet. Dies ist berechtigt, da zwischen den miteinander verglichenen Techniken keine Unterschiede der verwendeten Feldgrößen bestanden.

Die erhaltenen Meßwerte werden getrennt für Durchleuchtung und Aufnahmen auf einer Anzeige abgelesen. Außerdem wird routinemäßig die Zahl der Expositionen und die Durchleuchtungszeit registriert. Die erhaltenen Daten werden zusammen mit der klinischen Fragestellung für die Röntgenuntersuchung, der klinischen Diagnose und bis zu drei röntgenologischen Diagnosen in ein Datenverarbeitungssystem eingegeben, von wo sie jederzeit abgerufen und bearbeitet werden können.

#### 4.3. Altersklasseneinteilung

Die für eine Röntgenuntersuchung benötigte Strahlenmenge ist von der Dicke des durchstrahlten Volumens abhängig. Bei Kindern kann die benötigte Strahlenmenge auch in Beziehung zum Lebensalter gesetzt werden. Um diese Abhängigkeit zu berücksichtigen, mußten daher Altersklassen gebildet werden. In der vorliegenden Arbeit

wurde die gleiche Altersklasseneinteilung verwendet, die für ähnliche Untersuchungen der Patientenexposition bisher von der Röntgenabteilung der Universitäts-Kinderklinik München benutzt wurde:

Altersklassen

1. 1 - 183 Tage
2. 184 - 730 Tage
3. 731 - 1825 Tage
4. 1826 - 2920 Tage
5. 2921 - 4015 Tage
6. 4016 - 5476 Tage

Da in bestimmten Lebensaltern einzelne Untersuchungen häufiger sind als in anderen, soll zusätzlich durch die Aufteilung der Meßergebnisse in Altersklassen eine Verfälschung der Daten durch diese Abhängigkeit vermieden werden.

## 5. Eigene Untersuchungen und Ergebnisse.

Die Auswertung umfaßt den Zeitraum von 1976 bis 1983. Die drei ausgewerteten Techniken wurden nacheinander in der Universitäts-Kinderklinik eingeführt. Zur Auswertung in den einzelnen Untersuchungsverfahren standen unterschiedliche Fallzahlen zur Verfügung. Im folgenden wird die Untersuchungstechnik mit dem Trimax-System, Kohlefaserkassetten und geänderter Zusatzfilterung als SE-Technik bezeichnet.

### 5.1. Miktionscystourethrogramm

Mit der Einführung der SE-Technik wurde der Untersuchungsablauf der Miktionscystourethrographie geringfügig geändert. So wurden bei der konventionellen Technik und bei der 70 mm-Technik Mädchen sowohl während der Blasenfüllung als auch während der Miktion im posterior-anterioren Strahlengang im Liegen, Buben während der Blasenfüllung im posterior-anterioren Strahlengang im Liegen und während der Miktion im Stehen oder Sitzen im seitlichen Strahlengang untersucht. Nach der Umstellung der Untersuchung auf das Trimax-System mit Kohlefaserkassetten und geänderter Zusatzfilterung wurden Knaben und Mädchen während der Miktion nur noch im seitlichen Strahlengang im Sitzen oder Stehen untersucht mit Ausnahme von Säuglingen, die weiterhin im Liegen in Seitenlage geröntgt wurden. Durch diese Änderung der Patientenposition ergeben sich beim Vergleich der Dosis zu hohe Werte für die SE-Technik, da der Durchmesser des durchstrahlten Volumens bei seitlichem Strahlengang größer ist als beim sagittalen.

|                                       |
|---------------------------------------|
| Anzahl der Aufnahmen pro Untersuchung |
|---------------------------------------|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Mittelwert | 5,71 | 5,00 | 5,41 | 4,81 | 4,55 | 3,92 |
| Fälle      | 14   | 34   | 79   | 150  | 80   | 36   |

**70 mm-Technik**

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Mittelwert | 6,53 | 6,14 | 6,76 | 6,00 | 5,92 | 5,59 |
| Fälle      | 94   | 151  | 371  | 450  | 346  | 154  |

**SE-Technik**

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Mittelwert | 5,53 | 4,59 | 4,37 | 4,64 | 3,38 | 3,56 |
| Fälle      | 34   | 56   | 79   | 55   | 21   | 9    |

**Signifikanz-  
niveau**

|               |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv. vs 70mm | 0,573 | 0,058 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Konv. vs SE   | 0,861 | 0,496 | 0,023 | 0,679 | 0,002 | 0,275 |
| 70mm vs SE    | 0,202 | 0,003 | 0,000 | 0,003 | 0,000 | 0,000 |

**Vergleichs-  
faktoren**

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv. vs 70mm | 1,14 | 1,23 | 1,25 | 1,25 | 1,30 | 1,43 |
| Konv. vs SE   | 0,97 | 0,92 | 0,81 | 0,96 | 0,74 | 0,91 |
| 70mm vs SE    | 0,85 | 0,75 | 0,65 | 0,77 | 0,57 | 0,64 |

**Tab.1:** Vergleich der pro Untersuchung angefertigten Aufnahmen in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n = 2213. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Die meisten Aufnahmen wurden bei Anwendung der 70 mm-Technik angefertigt, die wenigsten bei Verwendung der SE-Technik. Die höhere Aufnahmezahl ist für die 70 mm-Technik im Vergleich zur konventionellen Technik in den Altersklassen 3 -6 hoch signifikant, ebenso beim Vergleich mit der SE-Technik in den Altersklassen 2 - 6. Ein Unterschied der Aufnahmezahl im Vergleich zwischen konventioneller Technik und SE-Technik kann nur für die Altersklassen 3 und 5 gesichert werden.

| Dosis pro Aufnahme |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|
|--------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

#### Konv. Technik

| Mittelwert | 1,96 | 3,18 | 2,84 | 4,55 | 6,41 | 7,84 |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Fälle      | 12   | 29   | 63   | 127  | 67   | 29   |

#### 70 mm-Technik

| Mittelwert | 0,67 | 1,30 | 1,95 | 3,15 | 4,22 | 5,47 |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Fälle      | 94   | 151  | 368  | 448  | 344  | 152  |

#### SE-Technik

| Mittelwert | 0,58 | 1,13 | 2,69 | 3,62 | 5,26 | 8,99 |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Fälle      | 34   | 56   | 78   | 54   | 21   | 8    |

#### Signifikanzniveau

| Konv. vs 70mm | 0,007 | 0,012 | 0,002 | 0,001 | 0,006 | 0,075 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv. vs SE   | 0,004 | 0,007 | 0,699 | 0,091 | 0,272 | 0,665 |
| 70mm vs SE    | 0,393 | 0,386 | 0,025 | 0,209 | 0,180 | 0,032 |

#### Vergleichsfaktoren

| Konv. vs 70mm | 0,34 | 0,41 | 0,69 | 0,69 | 0,66 | 0,70 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv. vs SE   | 0,30 | 0,36 | 0,95 | 0,80 | 0,82 | 1,15 |
| 70mm vs SE    | 0,87 | 0,87 | 1,38 | 1,15 | 1,25 | 1,64 |

**Tab.2:** Vergleich der Mittelwerte der pro Aufnahme benötigten Dosis in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n = 2134. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

In allen Altersklassen ist der mittlere Dosisbedarf pro Aufnahme bei der konventionellen Technik am höchsten, bei der 70 mm-Technik am niedrigsten. In der Altersklasse 1 und 2 ist der mittlere Dosisbedarfs bei der SE-Technik zwar um 13% geringer als bei 70 mm-Technik, dieser Unterschied ist jedoch auf dem 5% Niveau nicht signifikant.

| Gesamtdosis der Aufnahmen |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|--|--|--|--|--|--|
|---------------------------|--|--|--|--|--|--|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

### Konv. Technik

|            |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mittelwert | 10,43 | 13,87 | 16,55 | 21,89 | 27,87 | 28,86 |
| Fälle      | 14    | 31    | 65    | 129   | 67    | 29    |

### 70 mm-Technik

|            |      |      |       |       |       |       |
|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Mittelwert | 3,78 | 6,56 | 11,56 | 16,86 | 22,54 | 26,38 |
| Fälle      | 93   | 152  | 373   | 456   | 354   | 152   |

### SE-Technik

|            |      |      |       |       |       |       |
|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Mittelwert | 2,85 | 5,77 | 10,42 | 14,89 | 16,67 | 29,63 |
| Fälle      | 34   | 56   | 78    | 54    | 21    | 8     |

### Signifikanzniveau

|               |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv. vs 70mm | 0,000 | 0,018 | 0,017 | 0,015 | 0,120 | 0,625 |
| Konv. vs SE   | 0,001 | 0,012 | 0,016 | 0,005 | 0,005 | 0,939 |
| 70mm vs SE    | 0,157 | 0,532 | 0,495 | 0,280 | 0,020 | 0,630 |

### Vergleichsfaktoren

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv. vs 70mm | 0,36 | 0,47 | 0,70 | 0,77 | 0,81 | 0,91 |
| Konv. vs SE   | 0,27 | 0,42 | 0,63 | 0,65 | 0,60 | 1,03 |
| 70mm vs SE    | 0,75 | 0,88 | 0,90 | 0,88 | 0,74 | 1,12 |

Tab.3: Vergleich der Gesamtdosis aller Aufnahmen pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n =2166  
Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

In Tabelle 3 zeigt sich im Vergleich zur konventionellen Technik eine deutliche Verringerung der Gesamtaufnahmedosis bei 70 mm-Technik. Diese erreicht Werte bis zu 36% in der Altersklasse 1 und 91 % in der Altersklasse 6. Diese Dosisersparnis läßt sich für die Altersklassen 1 - 4 statistisch sichern. Eine noch größere Verringerung der Gesamtaufnahmedosis ergibt sich bei der SE-Technik. Im Vergleich zur konventionellen Technik beträgt der Dosisbedarf lediglich 27 % in Altersklasse 1 und erreicht einen Wert von 60% in Altersklasse 5. Diese Unterschiede sind hoch signifikant. Dagegen läßt sich eine Dosisersparung der SE-Technik im Vergleich zur 70 mm-Technik nur für die Altersklasse 5 statistisch sichern.

| Durchleuchtungszeit in Sekunden |
|---------------------------------|
|---------------------------------|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |     |     |     |     |    |    |
|------------|-----|-----|-----|-----|----|----|
| Mittelwert | 126 | 118 | 127 | 98  | 99 | 98 |
| Fälle      | 16  | 36  | 76  | 147 | 79 | 33 |

**70 mm-Technik**

|            |     |     |     |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Mittelwert | 142 | 122 | 100 | 83  | 89  | 92  |
| Fälle      | 91  | 152 | 370 | 454 | 353 | 152 |

**SE-Technik**

|            |     |     |    |    |    |    |
|------------|-----|-----|----|----|----|----|
| Mittelwert | 194 | 112 | 99 | 95 | 72 | 77 |
| Fälle      | 34  | 54  | 75 | 51 | 20 | 9  |

**Signifikanz-niveau**

|               |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv. vs 70mm | 0,492 | 0,760 | 0,026 | 0,022 | 0,222 | 0,644 |
| Konv. vs SE   | 0,049 | 0,709 | 0,050 | 0,766 | 0,013 | 0,365 |
| 70mm vs SE    | 0,071 | 0,448 | 0,961 | 0,297 | 0,073 | 0,535 |

**Vergleichs-faktoren**

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv. vs 70mm | 1,11 | 1,03 | 0,79 | 0,85 | 0,90 | 0,94 |
| Konv. vs SE   | 1,52 | 0,95 | 0,78 | 0,97 | 0,73 | 0,79 |
| 70mm vs SE    | 1,37 | 0,92 | 0,99 | 1,14 | 0,81 | 0,84 |

Tab.4: Vergleich der Mittelwerte der Durchleuchtungszeit pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n=2204. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

In der Altersklasse 1 ist die durchschnittliche Durchleuchtungszeit pro Untersuchung bei SE-Technik im Vergleich zur konventionellen Technik um den Faktor 1,52 und im Vergleich zur 70 mm-Technik um den Faktor 1,37 größer. In den übrigen Altersklassen sind die Durchleuchtungszeiten für die SE-Technik und die 70 mm-Technik etwas kleiner als bei der konventionellen Technik, statistisch läßt sich jedoch ein Unterschied der 70 mm-Technik im Vergleich zur konventionellen Technik nur in den Altersklassen 3 und 4 sichern. Ebenso ergibt sich für die SE-Technik neben einer Verlängerung der Durchleuchtungszeit in der Altersklasse 1 lediglich in den Altersklassen 3 und 5 ein signifikanter Unterschied zur konventionellen Technik. Ein Unterschied zwischen der SE-Technik und der 70 mm-Technik kann statistisch nicht gesichert werden.

|                                |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Gesamtdosis der Durchleuchtung |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mittelwert | 15,57 | 23,32 | 35,92 | 31,51 | 40,89 | 70,92 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|       |    |    |    |     |    |    |
|-------|----|----|----|-----|----|----|
| Fälle | 14 | 31 | 64 | 127 | 66 | 26 |
|-------|----|----|----|-----|----|----|

**70 mm-Technik**

|            |       |       |       |       |       |        |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Mittelwert | 30,39 | 39,66 | 54,17 | 68,50 | 93,24 | 129,06 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

|       |    |     |     |     |     |     |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Fälle | 90 | 151 | 369 | 454 | 350 | 151 |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|

**SE-Technik**

|            |       |      |       |       |       |       |
|------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Mittelwert | 10,21 | 9,89 | 18,07 | 30,67 | 39,10 | 72,89 |
|------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|

|       |    |    |    |    |    |   |
|-------|----|----|----|----|----|---|
| Fälle | 33 | 53 | 76 | 54 | 21 | 9 |
|-------|----|----|----|----|----|---|

**Signifikanz-niveau**

|               |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv. vs 70mm | 0,004 | 0,001 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,002 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|             |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv. vs SE | 0,167 | 0,002 | 0,005 | 0,877 | 0,826 | 0,940 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|            |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 70mm vs SE | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,062 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

**Vergleichsfaktoren**

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv. vs 70mm | 1,95 | 1,70 | 1,51 | 2,17 | 2,28 | 1,82 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|

|             |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv. vs SE | 0,66 | 0,42 | 0,50 | 0,97 | 0,96 | 1,03 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 70mm vs SE | 0,34 | 0,25 | 0,33 | 0,45 | 0,42 | 0,56 |
|------------|------|------|------|------|------|------|

Tab.5: Vergleich der benötigten Gesamtdosis in Rcm<sup>2</sup> pro Untersuchung in den drei Techniken bei der Durchleuchtung. Ausgewertete Fälle: n= 2139.

Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Die für die Durchleuchtung gemessene Dosis ist bei der 70 mm-Technik fast doppelt so hoch wie bei der konventionellen Technik, im Vergleich mit der SE-Technik in den Altersklassen 1 - 5 sogar um den Faktor 3 höher. Dies läßt sich statistisch sichern. Ein signifikanter Unterschied zwischen konventioneller Technik und SE-Technik ergibt sich nur in den Altersklassen 2 und 3. Dort beträgt die Dosis für die Durchleuchtung bei der SE-Technik im Vergleich zur konventionellen Technik nur 42% bzw. 50%.

|                                      |
|--------------------------------------|
| Dosisleistung bei der Durchleuchtung |
|--------------------------------------|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Mittelwert | 0,19 | 0,21 | 0,28 | 0,35 | 0,46 | 0,68 |
| Fälle      | 14   | 31   | 64   | 127  | 65   | 26   |

**70 mm-Technik**

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Mittelwert | 0,24 | 0,37 | 0,65 | 0,96 | 1,25 | 1,56 |
| Fälle      | 90   | 151  | 363  | 450  | 348  | 147  |

**SE-Technik**

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| Mittelwert | 0,05 | 0,10 | 0,16 | 0,30 | 0,59 | 1,10 |
| Fälle      | 33   | 53   | 75   | 51   | 20   | 9    |

**Signifikanz-niveau**

|              |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv.vs 70mm | 0,621 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Konv.vs SE   | 0,029 | 0,002 | 0,001 | 0,206 | 0,227 | 0,032 |
| 70mm vs SE   | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,031 |

**Vergleichs-faktoren**

|              |      |      |      |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv.vs 70mm | 1,26 | 1,76 | 2,32 | 2,74 | 2,72 | 2,29 |
| Konv.vs SE   | 0,26 | 0,48 | 0,57 | 0,86 | 1,28 | 1,61 |
| 70mm vs SE   | 0,21 | 0,27 | 0,25 | 0,31 | 0,47 | 0,71 |

Tab.6: Vergleich der Dosisleistung in den drei Techniken während der Durchleuchtung. Ausgewertete Fälle: n = 2117.

Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Die Dosisleistung bei der Durchleuchtung ist bei der 70 mm-Technik bis zu 2,7mal größer als bei der konventionellen Technik und bis zu 4mal größer als bei der SE-Technik. Diese Unterschiede sind signifikant. In den Altersklassen 1 - 3 ist die Dosisleistung bei Verwendung der SE-Technik geringer als bei der konventionellen Technik, wobei die Erniedrigung der Dosisleistung in der Altersklasse 1 mit einem Wert von 26% besonders groß ist.

|                              |
|------------------------------|
| Gesamtdosis pro Untersuchung |
|------------------------------|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mittelwert | 26,00 | 37,19 | 50,79 | 53,88 | 64,52 | 98,13 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|       |    |    |    |     |    |    |
|-------|----|----|----|-----|----|----|
| Fälle | 14 | 31 | 63 | 126 | 65 | 24 |
|-------|----|----|----|-----|----|----|

**70 mm-Technik**

|            |       |       |       |       |        |        |
|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Mittelwert | 34,26 | 46,25 | 65,53 | 65,41 | 115,02 | 153,87 |
|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|

|       |    |     |     |     |     |     |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Fälle | 90 | 151 | 367 | 454 | 349 | 150 |
|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|

**SE-Technik**

|            |       |       |       |       |       |        |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Mittelwert | 13,06 | 15,87 | 28,32 | 45,56 | 55,61 | 102,50 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

|       |    |    |    |    |    |   |
|-------|----|----|----|----|----|---|
| Fälle | 33 | 53 | 75 | 54 | 21 | 8 |
|-------|----|----|----|----|----|---|

**Signifikanzniveau**

|               |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv. vs 70mm | 0,103 | 0,259 | 0,032 | 0,000 | 0,000 | 0,006 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|             |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Konv. vs SE | 0,003 | 0,003 | 0,005 | 0,262 | 0,420 | 0,898 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|            |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 70mm vs SE | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,117 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

**Vergleichsfaktoren**

|               |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv. vs 70mm | 1,32 | 1,24 | 1,29 | 1,59 | 1,78 | 1,56 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|

|             |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| Konv. vs SE | 0,50 | 0,43 | 0,56 | 0,89 | 0,86 | 1,04 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|

|            |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 70mm vs SE | 0,38 | 0,34 | 0,43 | 0,53 | 0,48 | 0,67 |
|------------|------|------|------|------|------|------|

Tab.7: Vergleich der Gesamtdosis (Aufnahmen plus Durchleuchtung) in Rcm<sup>2</sup> in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n = 2128. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Aus Tabelle 7 ist ersichtlich, daß die Gesamtdosis pro Untersuchung in allen Altersklassen bei der 70 mm-Technik am größten ist. Bei Verwendung der SE-Technik liegt die Gesamtdosis durchschnittlich um mehr als 50% unter der Gesamtdosis für die 70-mm Technik. Diese Erniedrigung ist hoch signifikant. Eine höhere Gesamtdosis bei der 70 mm-Technik im Vergleich zur konventionellen Technik läßt sich statistisch nur für die Altersklassen 3 - 6 sichern.



## 5.2. Oesophaguspassage

### Vorbemerkung:

Da sich die Indikation für die Durchführung einer Oesophaguspassage in der Universitäts-Kinderklinik München hauptsächlich auf die Oesophagusatresie und deren postoperativen Verlauf sowie auf das habituelle Erbrechen des Säuglings beschränkt, ergaben sich nur in den Altersklassen 1 und 2 genügend große Fallzahlen, die ausgewertet werden konnten.

| Anzahl der Aufnahmen pro Untersuchung |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

#### Konv. Technik

|            |      |      |  |  |  |  |
|------------|------|------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 5,26 | 6,14 |  |  |  |  |
| Fälle      | 19   | 7    |  |  |  |  |

#### 70 mm-Technik

|            |       |       |  |  |  |  |
|------------|-------|-------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 11,48 | 10,59 |  |  |  |  |
| Fälle      | 46    | 22    |  |  |  |  |

#### SE-Technik

|            |      |      |  |  |  |  |
|------------|------|------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 3,48 | 4,31 |  |  |  |  |
| Fälle      | 27   | 13   |  |  |  |  |

#### Signifikanz-niveau

|               |       |       |  |  |  |  |
|---------------|-------|-------|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,029 | 0,106 |  |  |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,031 | 0,261 |  |  |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,005 | 0,011 |  |  |  |  |

#### Vergleichs-faktoren

|               |      |      |  |  |  |  |
|---------------|------|------|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 2,18 | 1,72 |  |  |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,66 | 0,70 |  |  |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,30 | 0,41 |  |  |  |  |

**Tab.8:** Vergleich der Anzahl der pro Untersuchung angefertigten Aufnahmen in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n= 129.  
Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Die Zahl der angefertigten Aufnahmen pro Untersuchung ist bei der SE-Technik im Durchschnitt in den beiden ausgewerteten Altersklassen gegenüber der konventionellen Technik um 30% niedriger, gegenüber der 70 mm-Technik sogar um 65%. Die bei der 70 mm-Technik um den Faktor 2,18 höhere Aufnahmezahl im Vergleich zur konventionellen Technik ist statistisch zu sichern. Signifikant ist auch der Unterschied zwischen der 70 mm-Technik und der SE-Technik in den beiden Altersklassen, ebenso der Unterschied zwischen konventioneller Technik und SE-Technik in der Altersklasse 1.

| Dosis pro Aufnahme         |              |              |   |   |   |   |
|----------------------------|--------------|--------------|---|---|---|---|
| Altersklassen              | 1            | 2            | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>Konv. Technik</b>       |              |              |   |   |   |   |
| Mittelwert                 | 1,73         | 1,81         |   |   |   |   |
| Fälle                      | 17           | 6            |   |   |   |   |
| <b>70 mm-Technik</b>       |              |              |   |   |   |   |
| Mittelwert                 | 0,73         | 0,86         |   |   |   |   |
| Fälle                      | 44           | 22           |   |   |   |   |
| <b>SE-Technik</b>          |              |              |   |   |   |   |
| Mittelwert                 | 0,72         | 0,68         |   |   |   |   |
| Fälle                      | 27           | 13           |   |   |   |   |
| <b>Signifikanz-niveau</b>  |              |              |   |   |   |   |
| Konv.vs 70mm               | <b>0,026</b> | <b>0,009</b> |   |   |   |   |
| Konv.vs SE                 | <b>0,006</b> | <b>0,008</b> |   |   |   |   |
| 70mm vs SE                 | <b>0,568</b> | <b>0,419</b> |   |   |   |   |
| <b>Vergleichs-faktoren</b> |              |              |   |   |   |   |
| Konv.vs 70mm               | <b>0,42</b>  | <b>0,48</b>  |   |   |   |   |
| Konv.vs SE                 | <b>0,42</b>  | <b>0,38</b>  |   |   |   |   |
| 70mm vs SE                 | <b>0,99</b>  | <b>0,79</b>  |   |   |   |   |

**Tab.9:** Vergleich der Mittelwerte der pro Aufnahme benötigten Dosis in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n = 122. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Die höchste Dosis pro Aufnahme wurde bei der konventionellen Technik benötigt. Statistisch läßt sich kein Unterschied zwischen dem Dosisbedarf pro Aufnahme bei der SE-Technik und bei der 70 mm-Technik sichern. Der Dosismehrbedarf der konventionellen Technik um mehr als das Doppelte gegenüber den beiden anderen Techniken ist hoch signifikant.

| Gesamtdosis der Aufnahmen  |       |       |   |   |   |   |
|----------------------------|-------|-------|---|---|---|---|
| Altersklassen              | 1     | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>Konv.Technik</b>        |       |       |   |   |   |   |
| Mittelwert                 | 7,18  | 9,17  |   |   |   |   |
| Fälle                      | 17    | 6     |   |   |   |   |
| <b>70 mm-Technik</b>       |       |       |   |   |   |   |
| Mittelwert                 | 6,00  | 7,55  |   |   |   |   |
| Fälle                      | 45    | 22    |   |   |   |   |
| <b>SE-Technik</b>          |       |       |   |   |   |   |
| Mittelwert                 | 2,52  | 2,54  |   |   |   |   |
| Fälle                      | 27    | 13    |   |   |   |   |
| <b>Signifikanz-niveau</b>  |       |       |   |   |   |   |
| Konv.vs 70mm               | 0,612 | 0,457 |   |   |   |   |
| Konv.vs SE                 | 0,007 | 0,000 |   |   |   |   |
| 70mm vs SE                 | 0,027 | 0,000 |   |   |   |   |
| <b>Vergleichs-faktoren</b> |       |       |   |   |   |   |
| Konv.vs 70mm               | 0,64  | 0,82  |   |   |   |   |
| Konv.vs SE                 | 0,35  | 0,28  |   |   |   |   |
| 70mm vs SE                 | 0,42  | 0,34  |   |   |   |   |

Tab.10: Vergleich der Gesamtdosis aller Aufnahmen pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n = 130. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Beim Vergleich der konventionellen Technik mit der 70 mm-Technik zeigt sich kein Unterschied der benötigten Gesamtaufnahmedosis pro Untersuchung. Dagegen ist der Dosisbedarf der SE-Technik 60 - 70% niedriger als bei den beiden anderen Techniken. Dies läßt sich statistisch sichern.

| Durchleuchtungszeit in Sekunden |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

#### Konv. Technik

|            |     |     |  |  |  |  |
|------------|-----|-----|--|--|--|--|
| Mittelwert | 147 | 125 |  |  |  |  |
| Fälle      | 18  | 6   |  |  |  |  |

#### 70 mm-Technik

|            |     |     |  |  |  |  |
|------------|-----|-----|--|--|--|--|
| Mittelwert | 123 | 124 |  |  |  |  |
| Fälle      | 46  | 22  |  |  |  |  |

#### SE-Technik

|            |     |     |  |  |  |  |
|------------|-----|-----|--|--|--|--|
| Mittelwert | 107 | 115 |  |  |  |  |
| Fälle      | 26  | 13  |  |  |  |  |

#### Signifikanzniveau

|               |       |       |  |  |  |  |
|---------------|-------|-------|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,367 | 0,982 |  |  |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,127 | 0,829 |  |  |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,442 | 0,764 |  |  |  |  |

#### Vergleichsfaktoren

|               |      |      |  |  |  |  |
|---------------|------|------|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,84 | 0,99 |  |  |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,73 | 0,92 |  |  |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,87 | 0,93 |  |  |  |  |

Tab.11: Vergleich der Mittelwerte der Durchleuchtungszeit pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n = 131.

Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik, gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Die Durchleuchtungszeiten sind bei den drei untersuchten Techniken ohne Unterschied.

| Gesamtdosis der Durchleuchtung |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

#### Konv.Technik

|            |       |       |  |  |  |  |
|------------|-------|-------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 14,41 | 26,80 |  |  |  |  |
| Fälle      | 17    | 6     |  |  |  |  |

#### 70 mm-Technik

|            |       |       |  |  |  |  |
|------------|-------|-------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 18,98 | 27,24 |  |  |  |  |
| Fälle      | 43    | 21    |  |  |  |  |

#### SE-Technik

|            |      |      |  |  |  |  |
|------------|------|------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 4,15 | 7,69 |  |  |  |  |
| Fälle      | 26   | 13   |  |  |  |  |

#### Signifikanzniveau

|              |              |              |  |  |  |  |
|--------------|--------------|--------------|--|--|--|--|
| Konv.vs 70mm | 0,159        | 0,962        |  |  |  |  |
| Konv.vs SE   | <b>0,001</b> | 0,139        |  |  |  |  |
| 70mm vs SE   | <b>0,000</b> | <b>0,000</b> |  |  |  |  |

#### Vergleichsfaktoren

|              |             |             |  |  |  |  |
|--------------|-------------|-------------|--|--|--|--|
| Konv.vs 70mm | 1,32        | 1,02        |  |  |  |  |
| Konv.vs SE   | <b>0,29</b> | <b>0,29</b> |  |  |  |  |
| 70mm vs SE   | <b>0,22</b> | <b>0,28</b> |  |  |  |  |

Tab.12: Vergleich der benötigten Gesamtdosis in Rcm<sup>2</sup> pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n = 125. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Wie aus Tabelle 12 ersichtlich reduziert sich die Durchleuchtungs-dosis bei der SE-Technik gegenüber der konventionellen Technik auf 29% und auf 22% bzw. 28% gegenüber der 70 mm-Technik. Diese Unterschiede sind signifikant. Der Unterschied des Dosisbedarfs der 70 mm-Technik gegenüber der konventionellen Technik ist nicht signifikant.

| Dosisleistung bei der Durchleuchtung |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv.Technik**

|            |      |      |  |  |  |  |
|------------|------|------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 0,14 | 0,19 |  |  |  |  |
| Fälle      | 16   | 5    |  |  |  |  |

**70 mm-Technik**

|            |      |      |  |  |  |  |
|------------|------|------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 0,19 | 0,28 |  |  |  |  |
| Fälle      | 43   | 20   |  |  |  |  |

**SE-Technik**

|            |      |      |  |  |  |  |
|------------|------|------|--|--|--|--|
| Mittelwert | 0,04 | 0,07 |  |  |  |  |
| Fälle      | 25   | 13   |  |  |  |  |

**Signifikanzniveau**

|              |       |       |  |  |  |  |
|--------------|-------|-------|--|--|--|--|
| Konv.vs 70mm | 0,039 | 0,087 |  |  |  |  |
| Konv.vs SE   | 0,000 | 0,012 |  |  |  |  |
| 70mm vs SE   | 0,000 | 0,000 |  |  |  |  |

**Vergleichsfaktoren**

|              |      |      |  |  |  |  |
|--------------|------|------|--|--|--|--|
| Konv.vs 70mm | 1,37 | 1,44 |  |  |  |  |
| Konv.vs SE   | 0,28 | 0,37 |  |  |  |  |
| 70mm vs SE   | 0,20 | 0,26 |  |  |  |  |

Tab.13 Vergleich der Dosisleistung in den drei Techniken während der Durchleuchtung. Ausgewertete Fälle: n = 122. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Die Dosisleistung liegt bei der 70 mm-Technik um den Faktor 1,4 über der konventionellen Technik und um einen Faktor 4 -5 über der SE-Technik. Diese Unterschiede sind signifikant.

| Gesamtdosis pro Untersuchung |       |       |   |   |   |   |
|------------------------------|-------|-------|---|---|---|---|
| Altersklassen                | 1     | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>Konv. Technik</b>         |       |       |   |   |   |   |
| Mittelwert                   | 21,59 | 37,00 |   |   |   |   |
| Fälle                        | 17    | 5     |   |   |   |   |
| <b>70 mm-Technik</b>         |       |       |   |   |   |   |
| Mittelwert                   | 24,93 | 34,38 |   |   |   |   |
| Fälle                        | 41    | 21    |   |   |   |   |
| <b>SE-Technik</b>            |       |       |   |   |   |   |
| Mittelwert                   | 6,77  | 10,23 |   |   |   |   |
| Fälle                        | 26    | 13    |   |   |   |   |
| <b>Signifikanz-niveau</b>    |       |       |   |   |   |   |
| Konv. vs 70mm                | 0,396 | 0,600 |   |   |   |   |
| Konv. vs SE                  | 0,000 | 0,073 |   |   |   |   |
| 70mm vs SE                   | 0,000 | 0,000 |   |   |   |   |
| <b>Vergleichs-faktoren</b>   |       |       |   |   |   |   |
| Konv. vs 70mm                | 0,93  | 0,93  |   |   |   |   |
| Konv. vs SE                  | 0,31  | 0,28  |   |   |   |   |
| 70mm vs SE                   | 0,27  | 0,30  |   |   |   |   |

Tab.14: Vergleich der Gesamtdosis (Aufnahmen plus Durchleuchtung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n = 123. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurden in den Zeilen 1 und 2 die Mittelwerte der konventionellen Technik gleich 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70 mm-Technik.

Während die Gesamtdosis pro Untersuchung bei der konventionellen Technik und der 70 mm-Technik nahezu gleich ist, ist sie bei der SE-Technik um etwa zwei Drittel niedriger als bei den beiden anderen Techniken. Dieser Unterschied ist signifikant.

### 5.3. Obere Magendarmpassage

| Anzahl der Aufnahmen pro Untersuchung |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

#### Konv. Technik

|            |      |      |      |      |  |  |
|------------|------|------|------|------|--|--|
| Mittelwert | 4,78 | 5,00 | 7,50 | 7,00 |  |  |
| Fälle      | 37   | 19   | 6    | 3    |  |  |

#### 70mm-Technik

|            |      |       |       |       |  |  |
|------------|------|-------|-------|-------|--|--|
| Mittelwert | 7,71 | 10,40 | 12,00 | 10,31 |  |  |
| Fälle      | 127  | 90    | 34    | 16    |  |  |

#### SE-Technik

|            |      |      |      |      |  |  |
|------------|------|------|------|------|--|--|
| Mittelwert | 4,44 | 4,60 | 4,43 | 7,43 |  |  |
| Fälle      | 25   | 20   | 7    | 7    |  |  |

#### Signifikanzniveau

|               |       |       |       |       |  |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,000 | 0,000 | 0,085 | 0,324 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,583 | 0,427 | 0,152 | 0,873 |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,231 |  |  |

#### Vergleichsfaktoren

|               |      |      |      |      |  |  |
|---------------|------|------|------|------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 1,61 | 2,08 | 1,60 | 1,47 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,93 | 0,92 | 0,59 | 1,06 |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,58 | 0,44 | 0,37 | 0,72 |  |  |

Tab.15: Vergleich der Zahl der pro Untersuchung angefertigten Aufnahmen in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n =391. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

1. 在 1949 年 10 月 1 日，即中华人民共和国成立那天，毛泽东在天安门城楼上向全国人民发表了著名的“新中国第一声”，宣告了新中国的诞生。

|                    |
|--------------------|
| Dosis pro Aufnahme |
|--------------------|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |      |      |      |      |  |  |
|------------|------|------|------|------|--|--|
| Mittelwert | 1,55 | 2,02 | 5,17 | 2,67 |  |  |
| Fälle      | 33   | 15   | 4    | 2    |  |  |

**70mm-Technik**

|            |      |      |      |      |  |  |
|------------|------|------|------|------|--|--|
| Mittelwert | 0,58 | 0,78 | 1,07 | 1,69 |  |  |
| Fälle      | 125  | 87   | 31   | 16   |  |  |

**SE-Technik**

|            |      |      |      |      |  |  |
|------------|------|------|------|------|--|--|
| Mittelwert | 0,75 | 0,65 | 1,85 | 1,56 |  |  |
| Fälle      | 23   | 20   | 7    | 7    |  |  |

**Signifikanz-  
niveau**

|               |       |       |       |       |  |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,212 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,050 |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,249 | 0,339 | 0,067 | 0,758 |  |  |

**Vergleichs-  
faktoren**

|               |      |      |      |      |  |  |
|---------------|------|------|------|------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,37 | 0,39 | 0,21 | 0,63 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,48 | 0,32 | 0,36 | 0,58 |  |  |
| 70mm vs SE    | 1,29 | 0,83 | 1,72 | 0,92 |  |  |

Tab.16: Vergleich der Mittelwerte der pro Aufnahme benötigten Dosis in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n =370. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Der Dosisbedarf liegt bei Aufnahmen in konventioneller Technik um einen Faktor 2 -3 über der 70mm-Technik und der SE-Technik. Dieser Dosismehrbedarf ist mit Ausnahme der Altersklasse 4 im Vergleich zur 70mm-Technik signifikant. Zwischen dem Dosisbedarf pro Aufnahme bei 70mm-Technik und bei SE-Technik ließ kein signifikanter Unterschied feststellen.

| Gesamtdosis der Aufnahmen |  |  |  |  |  |
|---------------------------|--|--|--|--|--|
|---------------------------|--|--|--|--|--|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |      |       |       |       |  |  |
|------------|------|-------|-------|-------|--|--|
| Mittelwert | 7,21 | 11,07 | 33,75 | 16,00 |  |  |
| Fälle      | 33   | 15    | 4     | 2     |  |  |

**70mm-Technik**

|            |      |      |       |       |  |  |
|------------|------|------|-------|-------|--|--|
| Mittelwert | 4,30 | 6,61 | 11,94 | 16,29 |  |  |
| Fälle      | 128  | 88   | 31    | 17    |  |  |

**SE-Technik**

|            |      |      |      |       |  |  |
|------------|------|------|------|-------|--|--|
| Mittelwert | 3,79 | 2,80 | 6,57 | 11,71 |  |  |
| Fälle      | 24   | 20   | 7    | 7     |  |  |

**Signifikanz-  
niveau**

|               |       |       |       |       |  |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,000 | 0,004 | 0,000 | 0,971 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,007 | 0,000 | 0,014 | 0,442 |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,565 | 0,000 | 0,007 | 0,317 |  |  |

**Vergleichs-  
faktoren**

|               |      |      |      |      |  |  |
|---------------|------|------|------|------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,60 | 0,60 | 0,35 | 1,02 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,53 | 0,25 | 0,19 | 0,73 |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,88 | 0,42 | 0,55 | 0,72 |  |  |

Tab.17: Vergleich der Gesamtdosis aller Aufnahmen pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n =376. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die Gesamtdosis für alle Aufnahmen während einer Untersuchung liegt im Vergleich zur konventionellen Technik bei Verwendung der SE-Technik zwischen 19% in Altersklasse 3 und 73% in Altersklasse 4. Dies läßt sich für die Altersklassen 1- 3 statistisch sichern. Auch gegenüber der 70mm-Technik ist die Gesamtdosis der Aufnahmen bei der SE-Technik in allen ausgewerteten Altersklassen geringer. In den Altersklassen 2 und 3 findet sich eine signifikante Erniedrigung auf 42% bzw. 55% gegenüber der 70mm-Technik.

| Durchleuchtungszeit in Sekunden |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

### Konv. Technik

|            |     |     |     |     |  |  |
|------------|-----|-----|-----|-----|--|--|
| Mittelwert | 179 | 118 | 141 | 235 |  |  |
| Fälle      | 36  | 18  | 6   | 3   |  |  |

### 70mm-Technik

|            |     |     |     |     |  |  |
|------------|-----|-----|-----|-----|--|--|
| Mittelwert | 163 | 171 | 253 | 229 |  |  |
| Fälle      | 124 | 89  | 17  | 17  |  |  |

### SE-Technik

|            |     |     |     |     |  |  |
|------------|-----|-----|-----|-----|--|--|
| Mittelwert | 176 | 140 | 196 | 241 |  |  |
| Fälle      | 25  | 20  | 7   | 7   |  |  |

### Signifikanzniveau

|               |       |       |       |       |  |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,498 | 0,015 | 0,115 | 0,919 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,928 | 0,456 | 0,319 | 0,971 |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,631 | 0,255 | 0,377 | 0,553 |  |  |

### Vergleichsfaktoren

|               |      |      |      |      |  |  |
|---------------|------|------|------|------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,91 | 1,45 | 1,79 | 0,96 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,98 | 1,19 | 1,39 | 1,01 |  |  |
| 70mm vs SE    | 1,08 | 0,52 | 0,77 | 1,05 |  |  |

**Tab.18:** Vergleich der Mittelwerte der Durchleuchtungszeit pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n=369. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, **fett gedruckt**. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Ein Unterschied der mittleren Durchleuchtungszeit ergibt sich lediglich in der Altersklasse 2 mit einem Faktor von 1,45 für die 70mm-Technik im Vergleich zur konventionellen Technik.

| Gesamtdosis der Durchleuchtung |       |       |       |        |   |   |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|---|---|
| Altersklassen                  | 1     | 2     | 3     | 4      | 5 | 6 |
| <b>Konv. Technik</b>           |       |       |       |        |   |   |
| Mittelwert                     | 27,21 | 22,79 | 70,80 | 81,00  |   |   |
| Fälle                          | 33    | 14    | 5     | 2      |   |   |
| <b>70mm-Technik</b>            |       |       |       |        |   |   |
| Mittelwert                     | 34,68 | 45,14 | 97,64 | 109,19 |   |   |
| Fälle                          | 126   | 89    | 33    | 16     |   |   |
| <b>SE-Technik</b>              |       |       |       |        |   |   |
| Mittelwert                     | 7,26  | 12,32 | 32,14 | 52,71  |   |   |
| Fälle                          | 23    | 19    | 7     | 7      |   |   |
| <b>Signifikanzniveau</b>       |       |       |       |        |   |   |
| Konv.vs 70mm                   | 0,175 | 0,006 | 0,353 | 0,539  |   |   |
| Konv.vs SE                     | 0,001 | 0,125 | 0,068 | 0,375  |   |   |
| 70mm vs SE                     | 0,000 | 0,000 | 0,010 | 0,037  |   |   |
| <b>Vergleichsfaktoren</b>      |       |       |       |        |   |   |
| Konv.vs 70mm                   | 1,28  | 2,11  | 1,38  | 1,35   |   |   |
| Konv.vs SE                     | 0,27  | 0,54  | 0,45  | 0,65   |   |   |
| 70mm vs SE                     | 0,21  | 0,25  | 0,33  | 0,48   |   |   |

Tab.19: Vergleich der benötigten Gesamtdosis pro Untersuchung in den drei Techniken während der Durchleuchtung. Ausgewertete Fälle: n= 374. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die für die Durchleuchtung gemessene Dosis ist bei Anwendung der 70mm-Technik im Vergleich zur SE-Technik um den Faktor 2 - 5 höher und liegt auch über der Dosis der konventionellen Technik. Der Unterschied zwischen der 70mm-Technik und der SE-Technik ist in allen Altersklassen signifikant, wohingegen ein Unterschied zwischen konventioneller Technik und 70mm-Technik nur in der Altersklasse 2 gefunden wird. Ebenso kann ein Unterschied zwischen konventioneller Technik und SE-Technik lediglich für die Altersklasse 1 gefunden werden.

| Dosisleistung bei der Durchleuchtung |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |      |      |      |      |  |  |
|------------|------|------|------|------|--|--|
| Mittelwert | 0,14 | 0,25 | 0,31 | 0,34 |  |  |
| Fälle      | 32   | 14   | 4    | 4    |  |  |

**70mm-Technik**

|            |      |      |      |      |  |  |
|------------|------|------|------|------|--|--|
| Mittelwert | 0,25 | 0,30 | 0,38 | 0,53 |  |  |
| Fälle      | 123  | 89   | 32   | 16   |  |  |

**SE-Technik**

|            |      |      |      |      |  |  |
|------------|------|------|------|------|--|--|
| Mittelwert | 0,09 | 0,07 | 0,15 | 0,20 |  |  |
| Fälle      | 23   | 19   | 7    | 7    |  |  |

**Signifikanzniveau**

|               |       |       |       |       |  |  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,000 | 0,448 | 0,327 | 0,000 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,395 | 0,013 | 0,023 | 0,001 |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |  |  |

**Vergleichsfaktoren**

|               |      |      |      |      |  |  |
|---------------|------|------|------|------|--|--|
| Konv. vs 70mm | 1,76 | 1,20 | 1,23 | 1,56 |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,65 | 0,29 | 0,50 | 0,59 |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,37 | 0,25 | 0,40 | 0,38 |  |  |

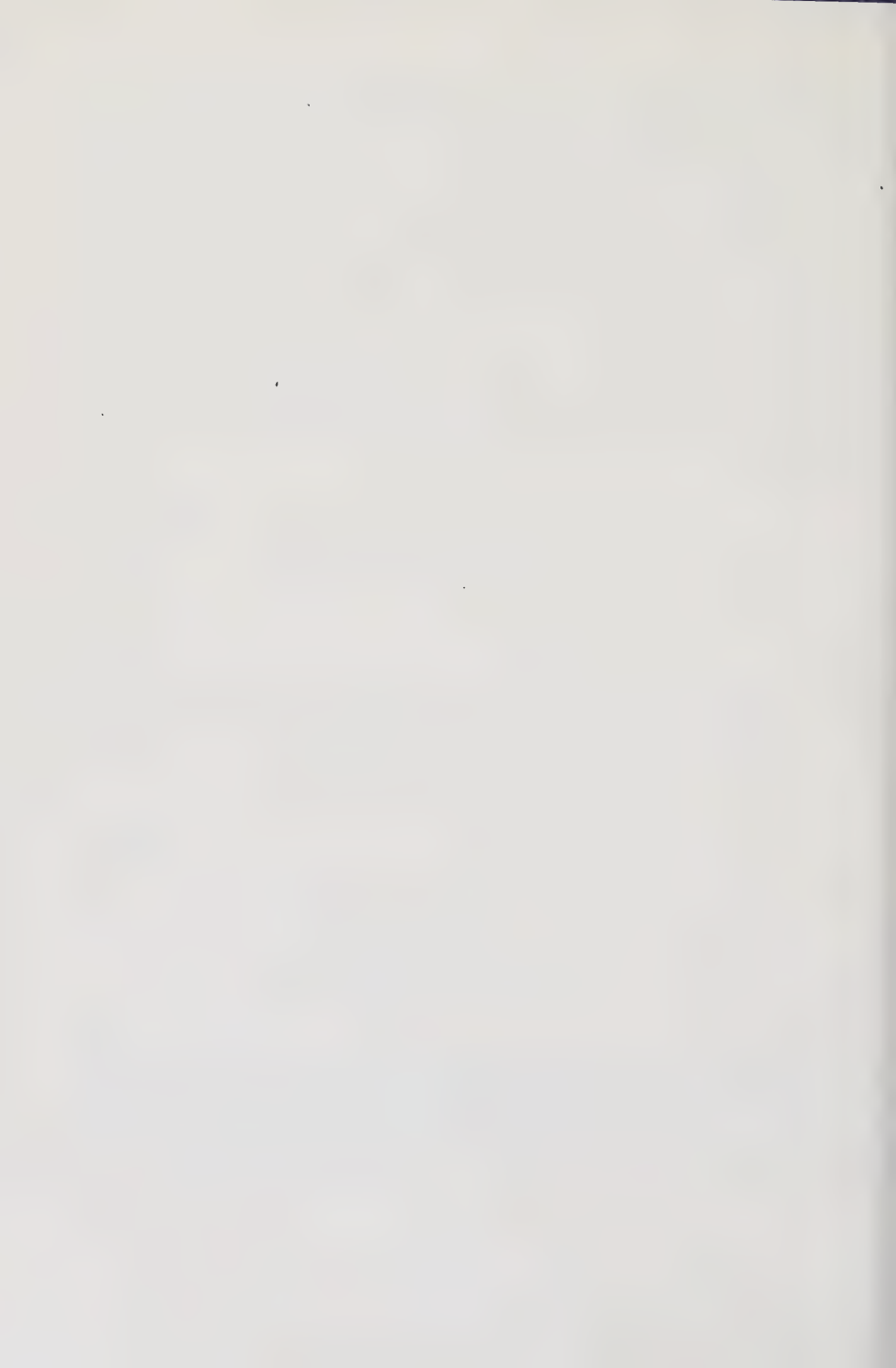
**Tab.20:** Vergleich der Dosisleistung in den drei Techniken während der Durchleuchtung. Ausgewertete Fälle: n=370. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die Dosisleistung bei der Durchleuchtung liegt bei Anwendung der 70mm-Technik ungefähr um den Faktor 3 über der SE-Technik und um den Faktor 1,2 - 1,7 über der konventionellen Technik. Die höhere Dosisleistung bei der 70mm-Technik gegenüber der SE-Technik ist in allen ausgewerteten Altersklassen signifikant, während ein signifikanter Unterschied zur konventionellen Technik nur für die Altersklassen 1 und 4 gefunden werden kann.

|                           | Gesamtdosis pro Untersuchung |       |        |        |   |   |
|---------------------------|------------------------------|-------|--------|--------|---|---|
| Altersklassen             | 1                            | 2     | 3      | 4      | 5 | 6 |
| <b>Konv. Technik</b>      |                              |       |        |        |   |   |
| Mittelwert                | 30,34                        | 33,79 | 97,25  | 97,00  |   |   |
| Fälle                     | 32                           | 14    | 4      | 2      |   |   |
| <b>70mm-Technik</b>       |                              |       |        |        |   |   |
| Mittelwert                | 39,06                        | 54,77 | 108,48 | 124,69 |   |   |
| Fälle                     | 125                          | 87    | 31     | 16     |   |   |
| <b>SE-Technik</b>         |                              |       |        |        |   |   |
| Mittelwert                | 11,13                        | 15,11 | 38,71  | 64,43  |   |   |
| Fälle                     | 23                           | 19    | 7      | 7      |   |   |
| <b>Signifikanzniveau</b>  |                              |       |        |        |   |   |
| Konv. vs 70mm             | 0,044                        | 0,007 | 0,752  | 0,587  |   |   |
| Konv. vs SE               | 0,000                        | 0,023 | 0,042  | 0,374  |   |   |
| 70mm vs SE                | 0,000                        | 0,000 | 0,013  | 0,046  |   |   |
| <b>Vergleichsfaktoren</b> |                              |       |        |        |   |   |
| Konv. vs 70mm             | 1,29                         | 1,62  | 1,12   | 1,29   |   |   |
| Konv. vs SE               | 0,37                         | 0,45  | 0,40   | 0,66   |   |   |
| 70mm vs SE                | 0,29                         | 0,28  | 0,36   | 0,51   |   |   |

Tab.21: Vergleich der Gesamtdosis (Aufnahmen plus Durchleuchtung) in Rcm' in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n= 367. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die Gesamtdosis pro Untersuchung ist in allen Altersklassen bei Verwendung der 70mm-Technik am höchsten. So liegt die Gesamtdosis um den Faktor 1,12 - 1,62 über der Dosis für konventionelle Technik und um den Faktor 2 - 3,5 über der für die SE-Technik ermittelten Dosis. Die höhere Gesamtdosis der 70mm-Technik ist gegenüber der SE-Technik in allen Altersklassen signifikant, gegenüber der konventionellen Technik nur in den Altersklassen 1 und 2. Ein Unterschied der durchschnittlichen Gesamtdosis pro Untersuchung zwischen der konventionellen Technik und der SE-Technik findet sich in den Altersklassen 1 -3.



#### 5.4. Herniographie

##### Vorbemerkung:

Die Herniographie wird in der Universitäts-Kinderklinik München nur bei Säuglingen durchgeführt. Sie hat zum Ziel, nach einer Leistenhernienoperation eine klinisch nicht zu diagnostizierende Leistenhernie der Gegenseite nachzuweisen, die im positivem Fall in einer nachfolgenden Operation ebenfalls beseitigt wird. Daraus ergibt sich, daß nur in der Altersklasse 1 eine genügend große Anzahl von Untersuchungen durchgeführt wurde und ausgewertet werden konnte.

| Anzahl der Aufnahmen pro Untersuchung |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

Mittelwert

3,35

Fälle

48

**70mm-Technik**

Mittelwert

1,52

Fälle

285

**SE-Technik**

Mittelwert

1,23

Fälle

31

**Signifikanz-  
niveau**

Konv. vs 70mm

0,000

Konv. vs SE

0,000

70mm vs SE

0,051

**Vergleichs-  
faktoren**

Konv. vs 70mm

0,45

Konv. vs SE

0,37

70mm vs SE

0,81

Tab.22: Vergleich der Anzahl der pro Untersuchung angefertigten Aufnahmen in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n= 367. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die Zahl der angefertigten Aufnahmen pro Untersuchung liegt bei Anwendung der konventionellen Technik um 55% über der Aufnahmezahl bei 70mm-Technik und um 63% über der bei SE-Technik. Dies läßt sich statistisch sichern. Ein Unterschied zwischen den entsprechenden Mittelwerten bei 70mm-Technik und bei SE-Technik kann nicht gefunden werden.

|                    | Dosis pro Aufnahme |   |   |   |   |   |
|--------------------|--------------------|---|---|---|---|---|
| Altersklassen      | 1                  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Konv. Technik      |                    |   |   |   |   |   |
| Mittelwert         | 2,04               |   |   |   |   |   |
| Fälle              | 42                 |   |   |   |   |   |
| 70mm-Technik       |                    |   |   |   |   |   |
| Mittelwert         | 0,88               |   |   |   |   |   |
| Fälle              | 281                |   |   |   |   |   |
| SE-Technik         |                    |   |   |   |   |   |
| Mittelwert         | 1,04               |   |   |   |   |   |
| Fälle              | 31                 |   |   |   |   |   |
| Signifikanzniveau  |                    |   |   |   |   |   |
| Konv.vs 70mm       | 0,001              |   |   |   |   |   |
| Konv.vs SE         | 0,044              |   |   |   |   |   |
| 70mm vs SE         | 0,669              |   |   |   |   |   |
| Vergleichsfaktoren |                    |   |   |   |   |   |
| Konv.vs 70mm       | 0,43               |   |   |   |   |   |
| Konv.vs SE         | 0,47               |   |   |   |   |   |
| 70mm vs SE         | 1,18               |   |   |   |   |   |

Tab.23: Vergleich der Mittelwerte der pro Aufnahme benötigten Dosis in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n= 354. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die höchste Dosis pro Aufnahme wurde bei der konventionellen Technik benötigt. Statistisch besteht kein Unterschied zwischen der SE-Technik und der 70mm-Technik. Der Dosismehrbedarf der konventionellen Technik auf mehr als das Doppelte gegenüber den beiden anderen Techniken ist hoch signifikant.

| Gesamtdosis der Aufnahmen |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|--|--|--|--|--|--|
|---------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

#### Konv.Technik

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 6,02 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 43   |  |  |  |  |  |

#### 70mm-Technik

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 1,36 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 286  |  |  |  |  |  |

#### SE-Technik

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 1,13 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 31   |  |  |  |  |  |

#### Signifikanz-niveau

|              |       |  |  |  |  |  |
|--------------|-------|--|--|--|--|--|
| Konv.vs 70mm | 0,000 |  |  |  |  |  |
| Konv.vs SE   | 0,000 |  |  |  |  |  |
| 70mm vs SE   | 0,502 |  |  |  |  |  |

#### Vergleichs-faktoren

|              |      |  |  |  |  |  |
|--------------|------|--|--|--|--|--|
| Konv.vs 70mm | 0,23 |  |  |  |  |  |
| Konv.vs SE   | 0,19 |  |  |  |  |  |
| 70mm vs SE   | 0,83 |  |  |  |  |  |

Tab.24: Vergleich der Gesamtdosis aller Aufnahmen pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n= 360. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die Gesamtdosis der Aufnahmen pro Untersuchung liegt bei Anwendung der 70mm-Technik um 77% unter der für die konventionelle Technik benötigten. Der Dosisbedarf der SE-Technik liegt sogar um 81% unter der konventionellen Technik. Beide Unterschiede lassen sich statistisch sichern, wohingegen ein Unterschied zwischen der 70mm-Technik und der SE-Technik nicht besteht.

| Durchleuchtungszeit in Sekunden |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

#### Konv.Technik

|            |    |  |  |  |  |  |
|------------|----|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 25 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 43 |  |  |  |  |  |

#### 70mm-Technik

|            |     |  |  |  |  |  |
|------------|-----|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 18  |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 275 |  |  |  |  |  |

#### SE-Technik

|            |    |  |  |  |  |  |
|------------|----|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 16 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 31 |  |  |  |  |  |

#### Signifikanz-niveau

|              |       |  |  |  |  |  |
|--------------|-------|--|--|--|--|--|
| Konv.vs 70mm | 0,004 |  |  |  |  |  |
| Konv.vs SE   | 0,002 |  |  |  |  |  |
| 70mm vs SE   | 0,341 |  |  |  |  |  |

#### Vergleichs-faktoren

|              |      |  |  |  |  |  |
|--------------|------|--|--|--|--|--|
| Konv.vs 70mm | 0,72 |  |  |  |  |  |
| Konv.vs SE   | 0,64 |  |  |  |  |  |
| 70mm vs SE   | 0,59 |  |  |  |  |  |

Tab.25: Vergleich der Mittelwerte der Durchleuchtungszeit pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n= 352. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die Durchleuchtungszeiten sind bei der konventionellen Technik um ungefähr 30% länger als bei den beiden anderen Techniken. Diese Unterschiede sind signifikant. Ein Unterschied zwischen der SE-Technik und der 70mm-Technik ist nicht feststellbar.

| Gesamtdosis bei Durchleuchtung |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 4,34 |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|

|       |    |  |  |  |  |  |
|-------|----|--|--|--|--|--|
| Fälle | 35 |  |  |  |  |  |
|-------|----|--|--|--|--|--|

**70mm-Technik**

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 3,65 |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|

|       |     |  |  |  |  |  |
|-------|-----|--|--|--|--|--|
| Fälle | 276 |  |  |  |  |  |
|-------|-----|--|--|--|--|--|

**SE-Technik**

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 0,77 |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|

|       |    |  |  |  |  |  |
|-------|----|--|--|--|--|--|
| Fälle | 31 |  |  |  |  |  |
|-------|----|--|--|--|--|--|

**Signifikanz-niveau**

|               |       |  |  |  |  |  |
|---------------|-------|--|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,359 |  |  |  |  |  |
|---------------|-------|--|--|--|--|--|

|             |       |  |  |  |  |  |
|-------------|-------|--|--|--|--|--|
| Konv. vs SE | 0,000 |  |  |  |  |  |
|-------------|-------|--|--|--|--|--|

|            |       |  |  |  |  |  |
|------------|-------|--|--|--|--|--|
| 70mm vs SE | 0,000 |  |  |  |  |  |
|------------|-------|--|--|--|--|--|

**Vergleichs-faktoren**

|               |      |  |  |  |  |  |
|---------------|------|--|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,84 |  |  |  |  |  |
|---------------|------|--|--|--|--|--|

|             |      |  |  |  |  |  |
|-------------|------|--|--|--|--|--|
| Konv. vs SE | 0,18 |  |  |  |  |  |
|-------------|------|--|--|--|--|--|

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| 70mm vs SE | 0,21 |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|

**Tab.26:** Vergleich der benötigten Gesamtdosis pro Untersuchung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n= 345. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die Gesamtdosis bei der Durchleuchtung ist bei Anwendung der konventionellen Technik am höchsten, bei Anwendung der SE-Technik am geringsten. So wird bei der SE-Technik lediglich 18% der Dosis der konventionellen Technik und 21% der Dosis für die 70mm-Technik benötigt. Diese Werte sind hoch signifikant. Hingegen läßt sich ein Unterschied zwischen der Durchleuchtungsdosis für die konventionelle Technik und 70mm-Technik nicht finden.

| Dosisleistung bei der Durchleuchtung |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|--|

|               |   |   |   |   |   |   |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|

**Konv. Technik**

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 0,20 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 38   |  |  |  |  |  |

**70mm-Technik**

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 0,23 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 271  |  |  |  |  |  |

**SE-Technik**

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 0,04 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 31   |  |  |  |  |  |

**Signifikanzniveau**

|               |       |  |  |  |  |  |
|---------------|-------|--|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,525 |  |  |  |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,001 |  |  |  |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,000 |  |  |  |  |  |

**Vergleichsfaktoren**

|               |      |  |  |  |  |  |
|---------------|------|--|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 1,15 |  |  |  |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,18 |  |  |  |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,16 |  |  |  |  |  |

Tab.27: Vergleich der Dosisleistung in Rcm<sup>2</sup> in den drei Techniken während der Durchleuchtung. Ausgewertete Fälle: n= 340. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Bei Anwendung der SE-Technik beträgt die Dosisleistung nur 15% der für konventionelle Technik und nur 16% der für die 70mm-Technik ermittelten. Dieser geringere Wert gegenüber den beiden anderen Techniken ist statistisch zu sichern.

| Gesamtdosis pro Untersuchung |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|
|------------------------------|--|--|--|--|--|--|

| Altersklassen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|
|---------------|---|---|---|---|---|---|

#### Konv. Technik

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 9,19 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 36   |  |  |  |  |  |

#### 70mm-Technik

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 4,95 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 275  |  |  |  |  |  |

#### SE-Technik

|            |      |  |  |  |  |  |
|------------|------|--|--|--|--|--|
| Mittelwert | 1,90 |  |  |  |  |  |
| Fälle      | 31   |  |  |  |  |  |

#### Signifikanzniveau

|               |       |  |  |  |  |  |
|---------------|-------|--|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,000 |  |  |  |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,044 |  |  |  |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,000 |  |  |  |  |  |

#### Vergleichsfaktoren

|               |      |  |  |  |  |  |
|---------------|------|--|--|--|--|--|
| Konv. vs 70mm | 0,54 |  |  |  |  |  |
| Konv. vs SE   | 0,21 |  |  |  |  |  |
| 70mm vs SE    | 0,38 |  |  |  |  |  |

Tab.28: Vergleich der Gesamtdosis (Aufnahmen plus Durchleuchtung in den drei Techniken. Ausgewertete Fälle: n= 342. Bei den Angaben des Signifikanzniveaus sind die Werte, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % unterschritten, fett gedruckt. Bei der Berechnung der Vergleichsfaktoren wurde in den Zeilen 1 und 2 der Mittelwert der konventionellen Technik = 1 gesetzt, in Zeile 3 die 70mm-Technik.

Die Gesamtdosis pro Herniographie beträgt bei Anwendung der 70mm-Technik knapp 50% der konventionellen Technik, bei Anwendung der SE-Technik sogar nur 21% der konventionellen Technik. Auch im Vergleich zur 70mm-Technik ergibt sich für die SE-Technik eine Dosisersparnis von mehr als 60%. Die Unterschiede der Gesamtdosis pro Untersuchung lassen sich statistisch sichern.

## 6. Diskussion

### 6.1. Bewertung der eigenen Ergebnisse.

#### 6.1.1. Anzahl der Aufnahmen pro Untersuchung.

Bei allen ausgewerteten Röntgenuntersuchungen lag die Zahl der pro Untersuchung angefertigten Aufnahmen bei der 70mm-Technik über der für die beiden anderen Techniken benötigten Zahl. Im Vergleich der konventionellen Technik mit der SE-Technik zeigten sich im wesentlichen keine Unterschiede in der Aufnahmezahl.

Eine Ausnahme bildet die Herniographie. Hier lag die Aufnahmezahl bei konventioneller Technik über der bei den beiden anderen Techniken. Zwischen der 70mm-Technik und der SE-Technik fand sich kein Unterschied. Da die drei Techniken nicht zeitlich alternativ benutzt, sondern nacheinander in der Röntgenabteilung eingeführt wurden, zeigt sich hier ein Lerneffekt bei der Durchführung der Methode. Mit zunehmender Beherrschung der Methode wurde eine geringere Zahl von Aufnahmen benötigt.

Als Grund für die gegenüber den beiden anderen Techniken höhere Aufnahmezahl bei der 70mm-Technik dürfte die leichte Auslösung beliebig vieler Aufnahmen durch den Untersucher ohne den bei den beiden anderen Techniken nötigen Kassettenwechsel gelten. Auch die in der Literatur genannten erheblichen Dosiseinsparungen bei Verwendung der Bildverstärker-Photographie im Vergleich zur Großbildaufnahme (6,11,12) könnten die Untersucher zu einer höheren Aufnahmezahl verleitet haben.

Für die folgende Diskussion ist darauf hinzuweisen, daß bei allen Untersuchungen und allen drei Techniken die verwendeten Feldgrößen im wesentlichen gleich waren. Unterschiede des Flächendosisproduktes sind daher allein durch die Unterschiede der Dosis bedingt. Bei der Durchleuchtung wurde bei Verwendung der elektronischen Bildvergrößerung ebenfalls die Feldgröße nicht verändert. Unterschiede des durch Division des Flächendosisproduktes durch die Durchleuchtungszeit erhaltenen Wertes können daher mit Unterschieden der Dosisleistung gleichgesetzt werden. Wie oben erwähnt wird auch im folgenden zur Vereinfachung statt von Flächendosisprodukt von Dosis gesprochen. Das für die Gesamtzahl der Aufnahmen gemessene Flächendosisprodukt wird im folgenden als "Gesamtdosis der Aufnahmen" bezeichnet. Entsprechend werden die Begriffe "Gesamtdosis bei Durchleuchtung" und "Gesamtdosis der Untersuchung" verwendet.

#### 6.1.2. Dosis pro Aufnahme

Der Dosisbedarf pro Aufnahme liegt bei allen ausgewerteten Röntgenuntersuchungen für die konventionelle Großbildaufnahme mit Universalfolien über den beiden anderen Aufnahmetechniken. Ein Unterschied der benötigten Aufnahmedosis zwischen der 70mm-Technik und der SE-Technik konnte bei der Mehrzahl der ausgewerteten Fälle nicht gefunden werden. Die Dosisersparnis für beide Techniken gegenüber der konventionellen Technik beträgt fast bis zu 70% bei den kleinen Kindern und 40% bei den älteren Kindern.

Die in der Literatur bei Verwendung der Bildverstärkertechnik genannten Dosisersparungen bis zu einem Faktor 10 gegenüber der

konventionellen Großbildaufnahme mit Universalfolien wurden bei der vorgelegten Untersuchung nicht erreicht. Dies dürfte auf den Dosismehrbedarf durch die häufige Anwendung der elektronischen Bildvergrößerung zurückzuführen sein.

Die für die Seltene-Erden-Folien im Vergleich zur konventionellen Technik benötigte Aufnahmedosis entspricht den in der Literatur angegebenen Werten (1,2,3,7,22,27,28,37). Einen nicht unbeachtlichen Anteil an der großen Dosisreduktion für die SE-Technik im Vergleich zur konventionellen Technik besonders in den kleinen Altersklassen hat sicher die Molybdänfilterung und die Kohlefaserausrüstung der Röntgenanlage und Kassetten.

#### 6.1.3. Gesamtdosis der Aufnahmen

Da die Zahl der angefertigten Aufnahmen pro Untersuchung bei der 70-mm Technik in der Regel über der Zahl der beiden anderen Techniken lag, ergab sich für diese Technik beim Vergleich der Gesamtaufnahmedosen pro Untersuchung keine so hohe Reduktion wie für die SE-Technik. So beträgt die Gesamtaufnahmedosis pro Untersuchung für die SE-Technik im Durchschnitt nur ein Drittel der für die konventionelle Technik benötigten, wohingegen die Gesamtaufnahmedosis der 70-mm Technik durchschnittlich nur 40% unter der konventionellen Technik liegt.

#### 6.1.4 Durchleuchtungszeit

Unterschiede in den Durchleuchtungszeiten der drei verschiedenen Aufnahmetechniken ergaben sich lediglich bei der Herniographie. Hier wurde bei Verwendung der konventionellen Technik mit Univer-

salfolien um etwa 30% länger durchleuchtet als bei den beiden anderen Techniken. Diese Abnahme der Durchleuchtungsdauer bei der SE-Technik und der 70mm-Technik ist, wie bereits unter 6.1.1. beschrieben, auf einen Lerneffekt der Untersucher zurückzuführen.

#### 6.1.5 Dosisleistung bei Durchleuchtung

Bei Anwendung der 70mm-Technik liegt die Dosisleistung während der Durchleuchtung bis zu einem Faktor 2,5 über der konventionellen Technik und sogar bis zu einem Faktor 5 über der SE-Technik. Ursache für diese hohe Dosisleistung bei der 70mm-Technik ist zweifellos die häufige Inanspruchnahme der elektronischen Bildvergrößerung während der Durchleuchtung. Die im Vergleich zu den beiden anderen Techniken geringere Dosisleistung bei der SE-Technik ist sicherlich auf die Kohlefaserausrüstung des Durchleuchtungsgerätes und auf die Molybdänfilterung zurückzuführen.

#### 6.1.6. Gesamtdosis bei der Durchleuchtung

Aus den gleichen Gründen liegt die Gesamtdosis bei der Durchleuchtung bei Verwendung der 70mm-Technik bis zu 5 mal über der SE-Technik. Auch im Vergleich zur konventionellen Technik ergibt sich für die 70mm-Technik bei den meisten ausgewerteten Fällen ein höher Dosisbedarf für die Durchleuchtung.

#### 6.1.7. Gesamtdosis pro Untersuchung

Bei Betrachtung der Gesamtdosen pro Untersuchung ergibt sich bei allen ausgewerteten Fällen für die SE-Technik eine Dosisersparnis von etwa 50 % gegenüber den beiden anderen Techniken. Auch kann in Bezug auf die Gesamtdosis pro Untersuchung bei der 70mm-

Technik gegenüber der konventionellen Technik mit Universalfolien kein Vorteil gefunden werden.

## 6.2. Folgerungen

Die in der vorgelegten Arbeit ausgewerteten Daten wurden im täglichen Routinebetrieb einer Röntgenabteilung ermittelt. Sie sind mit Daten, die im Laboratorium oder an Phantomen gewonnen wurden, nicht unmittelbar zu vergleichen. Das gute Abschneiden der SE-Technik im Vergleich zur 70mm-Technik erklärt sich nicht allein durch die unterschiedlichen Eigenschaften der bildergezeugenden Systeme, sondern zu einem beträchtlichen Teil auch durch die Verwendung von Kohlefasern und die Molybdänfilterung. Beide wurden erst mit der Umstellung auf die SE-Technik eingeführt. Sie hätten auch bei der 70mm-Technik eine zusätzliche Dosisersparung bewirkt. Ein erheblicher Anteil der Dosisersparung bei Verwendung der SE-Technik ergab sich ja gerade in Bezug auf die Durchleuchtung. Der Anteil der Kohlefaserausrüstung und Molybdänfilterung an der Dosisersparung ist zu erkennen, wenn man die Dosisleistungen bei SE-Technik und konventioneller Technik vergleicht. Hier ergab sich durch die Kohlefaserausrüstung des Durchleuchtungsgerätes und die Molybdänfilterung bei sonst gleicher Röntgeneinrichtung und gleicher Untersuchungstechnik eine Verringerung der Dosisleistung um 25%.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen aber deutlich, daß die 70mm-Technik durch die Erleichterung der Auslösung der Aufnahmen per Knopfdruck und ohne Kassettenwechsel den Untersucher dazu verleitet, viele Aufnahmen anzufertigen, vor allem dann, wenn er,

was theoretisch berechtigt ist, glaubt, daß die Dosis pro Aufnahme bei dieser Technik niedriger ist als bei Großbildaufnahmen. Hinzu kommt die Verwendung der elektronischen Bildvergrößerung. Das vor allem bei Säuglingen und Verwendung verhältnismäßig großer Bildverstärkereingangsformate sehr kleine Bildverstärkerbild findet erfahrungsgemäß wenig Akzeptanz. Diese ist größer, wenn bei den kleinen Feldern zumindest das Bildformat ausgenutzt wird, was bei Bildverstärkern mit zwei oder mehr wählbaren Eingangsformaten durch die elektronische Vergrößerung zu erreichen ist. Die elektronische Vergrößerung wird dabei jedoch nicht nur zur Anfertigung der Bildverstärkeraufnahmen selbst, sondern unvermeidlich auch während ihrer Vorbereitung, oft aber auch während der ganzen Durchleuchtung verwendet.

In der vorgelegten Untersuchung wurden Seltene-Erden-Folien mit dem höchstmöglichen Verstärkungsfaktor (Trimax 16) verwendet. Tatsächlich reicht die gegenüber einer Universalfolie nur um ein Linienpaar pro cm geringere Auflösung dieser Verstärkerfolien für weitaus die meisten diagnostischen Anforderungen der Kinderradiologie vollkommen aus. Bei den meisten Durchleuchtungsuntersuchungen von Säuglingen und Kindern handelt es sich um größere, im allgemeinen mit Kontrastmittel gefüllte Strukturen. Die geringfügig niedrigere Auflösung höchstverstärkender SE-Folien hat dabei keine Bedeutung.

Der Dosisbedarf ist bei den verwendeten höchstverstärkenden Seltene-Erden-Folien nur wenig größer als der für eine Bildverstärkeraufnahme. Der Vorteil des geringeren Dosisbedarfs der Bildverstärkeraufnahme geht jedoch in der Praxis durch teils ver-

meidbare, teils unvermeidbare Anwendungsunterschiede verloren. Wie gezeigt werden konnte, kann die Gesamtdosis pro Untersuchung trotz des theoretischen Vorteils in der Praxis sogar höher sein als bei Verwendung der Großbildtechnik, wenn diese unter dosis-sparenden Bedingungen angewandt wird.

Für die Kinderradiologie kann deshalb die Verwendung höchstverstärkender Foliensysteme in Verbindung mit Kohlefasern und einer angemessenen Zusatzfilterung ( 1 - 2 mm Aluminium plus 0,1 mm Molybdän) als eine Alternative zur Bildverstärkerphotographie in 70 oder 100mm-Format empfohlen werden. Selbst der Austausch aller für die Durchleuchtung zu verwendenden Aluminium- oder Plastikkassetten durch solche mit Kohlefaservorderwänden und die Umrüstung des Zielgerätes des Durchleuchtungsgerätes ist erheblich billiger als die Anschaffung einer Einrichtung zur Bildverstärkerphotographie.

## 7. Zusammenfassung

In der Einleitung werden zunächst nach einem Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten der Erzeugung und Dokumentation eines Röntgenbildes und einer Erklärung der Funktion und Wirkungsweise von Leuchtstoffen die Anforderungen an einen Leuchtstoff, der in der Röntgendiagnostik Verwendung findet, beschrieben. Nach dem Kalziumwolframat, das zur Herstellung von Verstärkerfolien für Röntgenaufnahmen bisher am gebräuchlichsten ist, wird auf die neuen Leuchtstoffe auf der Basis von Seltenen Erden eingegangen. Hier werden die Vorteile einer höheren Verstärkerwirkung dieser Folien herausgestellt, aber auch der Nachteil des diesen Leuchtstoffen eigenen stärkeren Spannungsgangs erwähnt.

Auf die Notwendigkeit einer Filterung der für die Diagnostik verwendeten Röntgenstrahlung wird hingewiesen. Ein kurzer Überblick über die hierzu verwendeten Materialien wird gegeben und deren Wirkungsweise erläutert. Insbesondere wird auf die Verwendung von Molybdän als Filtermaterial hingewiesen, welches in Verbindung mit Aluminium nach Heinrich und Schuster (19) gegenüber herkömmlichen reinen Aluminiumfiltern große Vorteile besitzt.

Dieser Teil der Arbeit endet mit einem Bericht über die Bedeutung von Kohlefasern in der Radiologie, die anstatt Aluminium bei der Herstellung von Röntgenkassetten, Tischplatten, Zielgeräten, Streustrahlenrastern und Kassettenwechslern verwendet werden. Der Vorteil dieses Materials liegt in der geringeren Absorption der Röntgenstrahlung hinter dem Patienten, was zu einer Herab-

setzung der für die Bildentstehung benötigten Dosis führt. Dieser Vorteil ist besonders für die Kinderradiologie, in der überwiegend mit weniger durchdringenden Strahlenqualitäten, das heißt also mit niedrigeren kV-Einstellungen, gearbeitet wird, von erheblicher Bedeutung.

Im zweiten Teil der Arbeit werden die drei Aufnahmetechniken vorgestellt, die in dieser Untersuchung ausgewertet wurden, und die Punkte, nach welchen diese miteinander verglichen wurden, beschrieben.

Folgende Aufnahmetechniken wurden verglichen:

- a. Aufnahmen mit Kalziumwolframat-Universal-Folien,
- b. Röntgenbildverstärker-Photographie,
- c. Aufnahmen mit Seltene-Erden-Folien vom Typ Trimax 16, Molybdänfilterung und Kohlefaserausrüstung.

Verglichen wurden diese verschiedenen Techniken in folgenden Punkten:

- a. Zahl der Aufnahmen pro Untersuchung,
- b. Flächendosisprodukt pro Aufnahme,
- c. Flächendosisprodukt für die Gesamtzahl der Aufnahmen pro Untersuchung,
- d. Durchleuchtungszeit pro Untersuchung,
- e. Flächendosisprodukt dividiert durch die Durchleuchtungszeit (Referenzwert der Dosisleistung) bei Durchleuchtung,
- f. Flächendosisprodukt für die Durchleuchtung pro Untersuchung,
- g. Flächendosisprodukt pro Untersuchung (Gesamtzahl der Aufnahmen plus Durchleuchtung).

Folgende Röntgenuntersuchungen wurden ausgewertet:

- a. Miktionscystourethrographie,
- b. Oesophaguspassage,
- c. Obere Magendarmpassage,
- e. Herniographie.

Nach einem Überblick über das vorliegende Schrifttum ähnlicher Untersuchungen und einer Beschreibung der Röntgeneinrichtung sowie der verwendeten Filmmaterialien folgt ein kurzer Abriß über die in dieser Arbeit verwendete Meßmethodik und die Sammlung der Daten. Die Messung des Flächendosisproduktes erfolgte mit einem Meßgerät, dessen Ionisationskammer direkt unter der Tiefenblende der Röntgenröhre angebracht war. Die erhaltenen Meßwerte konnten getrennt für Durchleuchtung und Aufnahmen an einer Anzeige abgelesen werden. Zusammen mit der Anzahl der Aufnahmen und der Durchleuchtungszeit wurden diese Werte in ein Datenverarbeitungssystem eingegeben, von wo sie abgerufen und ausgewertet werden konnten.

Die Auswertung umfaßt den Zeitraum von 1976 - 1983. Getrennt nach den vier in dieser Arbeit berücksichtigten Röntgenuntersuchungen und eingeteilt in 6 Altersklassen werden die Ergebnisse dargestellt und erläutert. Die Einteilung in Altersklassen geschah zur Vermeidung von Verfälschungen der Meßergebnisse durch die Bevorzugung bestimmter Röntgenuntersuchungen in den verschiedenen Lebensaltern. Außerdem sollte durch diese Einteilung dem Umstand Rechnung getragen werden, daß besonders bei Kindern die benötigte Strahlendosis stark vom jeweiligen Lebensalter abhängig ist.

Der Vergleich der drei verschiedenen Untersuchungstechniken ergab folgende Unterschiede:

- a. Die Anzahl der Expositionen pro Untersuchung lag bei Verwendung der 70mm-Technik über der Zahl der beiden anderen Techniken.
- b. Das Flächendosisprodukt für die Gesamtzahl der Aufnahmen pro Untersuchung lag bei Verwendung der SE-Technik um  $\frac{2}{3}$  unter dem der konventionellen Technik, während sich bei Verwendung der 70mm-Technik durch die höhere Zahl der Aufnahmen lediglich eine Verringerung um 40% gegenüber der konventionellen Technik ergab.
- c. Bei der Dauer der Durchleuchtung zeigte sich kein Unterschied der drei untersuchten Techniken.
- d. Die Dosisleistung (errechnet durch Division des Flächendosisproduktes durch die Durchleuchtungszeit) während der Durchleuchtung lag bei der 70mm-Technik bis zu 2,5 mal über derjenigen der konventionellen Technik und sogar 5 mal über der bei SE-Technik.
- e. Durch die Verwendung der SE-Technik wurde das Flächendosisprodukt pro Untersuchung (Gesamtzahl der Aufnahmen plus Durchleuchtung) um 50% gegenüber den beiden anderen Techniken gesenkt. Die 70mm-Technik zeigte in Bezug auf den Gesamtwert pro Untersuchung keine Vorteile gegenüber der konventionellen Technik.

In der abschließenden Diskussion werden die Ergebnisse erörtert und mit den im Schrifttum genannten Werten verglichen. So konnte die im Schrifttum genannte Dosisersparnis der 70mm-Technik

auf ein Zehntel der konventionellen Technik nicht bestätigt werden. Als Gründe dürfte die gefundene größere Anzahl von Aufnahmen pro Untersuchung gelten sowie die im Vergleich zu den beiden anderen Techniken höhere Dosisleistung während der Durchleuchtung infolge der häufig benutzten elektronischen Bildvergrößerung. Die gefundene Dosisersparnis bei Verwendung der SE-Technik entspricht den im Schrifttum genannten Werten, wobei das gute Abschneiden dieser Aufnahmetechnik zu einem nicht unbeachtlichen Teil der Kombination mit der Kohlefaserausrüstung des Durchleuchtungsgerätes und der Molybdänfilterung zu verdanken ist.

Als Folgerung kann die Umrüstung einer Röntgendurchleuchtungs-ausrüstung (Untersuchungstisch, Zielgerät, Streustrahlenraster und Kassetten) auf Kohlefasermaterial anstelle der Verwendung von Aluminium in Verbindung mit einer geeigneten Zusatzfilterung der Röntgenröhre, zum Beispiel 1 mm Aluminium plus 0,1 mm Molybdän, sowie die Verwendung von höchstverstärkenden Verstärkerfolien auf der Basis von Seltenen Erden als Alternative zur Anschaffung einer erheblich teureren Einrichtung für die Bildverstärkerphotographie mit einer 70- oder 100mm-Kamera empfohlen werden.

## 8. Literaturverzeichnis

1. Beyer K., Schulze B. (1981). Neue Verstärkerfolien in der Röntgendiagnostik. Eine klinisch orientierte Überprüfung der SE-Folien im Vergleich zu konventionellen Folien. *Röntgenpraxis* 34, 387-394.
2. Bregulla W., Schmidt Th. (1981). Bedeutung der Seltene-Erden-Folien für die Dosisreduzierung in der Röntgendiagnostik. *Electromedica* 4, 189-193.
3. Brodeur A.E., Silberstein M.J., Graviss E.R., Ferguson T.L., Ortmeyer K.M., Nalesnik W.J. (1979). Three-tier rare-earth imaging system. *AJR* 136, 755-758.
4. Buchanan, R.A., Finkelstein, S.I. und Wickersheim, K.A. (1972). X-ray exposure reduction using rare earth oxysulfide intensifying screens. *Radiology* 105, 185.
5. Budin E. (1980). Radiation dose reduction with carbon material for table tops and cassettes. *Radiol/Nucl.Med.Mag.* 10, 46-48.
6. Bühlmeier K., Schuster W. (1965). Neue technische Hilfsmittel für die pädiatrische Röntgendiagnostik. *Röntgenpraxis* 9, 193-201.
7. Carvalho A., Jorgensen J. (1978). Rare-earth and calcium tungstate intensifying screens, a comparative study of relative speed, radiation doses and resolving power. *Fortschr.Röntgenstr.* 128, 358-363.
8. Degenhardt (1963). Die historische Entwicklung der Leuchtsubstanzen und deren Anwendungen in der Röntgentechnik. *Electromedica* 51, 155-159.
9. Degenhardt H. (1982). Leuchtstoffe für Verstärkerfolien. *mta praxis* 28, 40-51.
10. Degenhardt H., Kuhn H., Pfeiler M. (1975). Dosiseinsparung und Abbildungsgüte bei Film-Foliensystemen. *Röntgenpraxis* 28, 271-278.
11. Feddema J. (1972). Bildverstärker-Aufnahmen im Magen-Darmbereich. *Röntgen-Bl.* 25, 569-574.
12. Feleus R., Vijverberg G. (1970). Bildqualität bei 70mm-Bildverstärkeraufnahmen. *Röntgen-Bl.* 23, 125-129.
13. Freyschmidt J. (1981). Zu modernen Film-Folien-Systemen aus seltenen Erden in der klinischen Radiologie. *Röntgenpraxis* 34, 227-233.

14. Freyschmidt J., Saure D., Hagemann G. (1976). Neue Verstärkerfolien in der klinischen Radiologie. Teil II: Praktisch-klinische Untersuchungen. Fortschr.Röntgenstr. 125, 279-284.
15. Freyschmidt J., Saure D. (1976). Neue Verstärkerfolien in der Kinderradiologie. Röntgen-Bl. 29, 299-306.
16. Friedmann G., Bützler H.-O., Lanckohr H., Jötten G. (1976). Patientendosisbelastung bei Bildverstärker-Fernsehtechnik in der Kinderradiologie. Röntgen-Bl. 29, 306-309.
17. Gopala U.V.R., Gerlock A.J., Erickson J., Novak G. (1981). A comparison of carbon-fiber and aluminium front plates in rapid film changers. Radiology 140, 221-225.
18. Hagemann G., Töllner D., Saure D., Freyschmidt J. (1976). Neue Verstärkerfolien in der klinischen Radiologie. 1.Mitteilung: Experimentelle Untersuchungen. Fortschr.Röntgenstr. 124, 483-489.
19. Heinrich H., Schuster W. (1976). Reduction of dose by filtration in paediatric fluoroscopy and fluorographie. Ann.Radiol. 19, 57-66.
20. Hendee W.R. (1981). Carbon-fiber materials in radiology. Radiology 140, 245-246.
21. Jötten, G. (1976). Zur Aufnahmetechnik im Kurzzeitbereich. Technische Lösungen und Probleme. Vortrag Tg. Ges. Päd. Radiol., Stuttgart 13.11.76.
22. Knedel H., Weberling R., Hagemann G. (1981). Signal-Rausch-Verhältnis, Auflösung und Dosisbedarf zum Qualitätsvergleich neuer Verstärkerfolien in der klinischen Radiologie. Röntgenpraxis 34, 168-175.
23. Kolter M. (1978). Begriffe der Bildgüte. MTA 1, 13-19.
24. Kraft A., Nahrstedt U., Widenmann L. (1975). Untersuchungen an neuartigen Verstärkerfolien für die Röntgendiagnostik. Röntgenpraxis 28, 264-270.
25. Lissner J., Remplik V., Scherer U., Kotschak O. (1976). Erfahrung in der klinischen Praxis mit einem 30-cm-BV unter besonderer Berücksichtigung der 100-mm-Aufnahmetechnik. Fortschr. Röntgenstr. 125, 551-555.
26. Maurer H.-J. (1978). Bildformat und Dosis. Röntgen-Bl. 31, 93-104.
27. Moores B.M., Walker A. (1978). Light output and X-ray attenuation measurements for some commercial intensifying screens. Radiology 128, 767-774.

28. Newlin N. (1976). Reduction in radiation exposure: the rare earth screen. *AJR* 130, 1195-1196.
29. Poznanski A.K., Pavelec P.M. (1983). Carbon fiber cassettes (graphite) in paediatric radiology. *AJR* 141, 855.
30. Richter D. (1981). Reduction of patient exposure and improvement of image quality by use of carbon fibre components in a RF-equipment. (unpublished).
31. Shuping R.A., Fewell T.R., Phillips R.A., Cross R.R., Showalter C. (1980). Dose reduction potential of carbon fiber material in diagnostic radiology. *SPIE Proc.* 233, 264.
32. Stieve F.E. (1972). Die Beurteilung der Güte eines Röntgenbildes. *Röntgen-Bl.* 6, 244-274.
33. Stürmer W. (1962). Zur Geschichte der Röntgen-Leuchtstoffe. *Fortschr. Röntgenstr.* 97, 514-519.
34. Treffler M. (1982). Radiation exposure reduction using carbon fiber. *Radiology* 142, 751-754.
35. Venema H.W. (1979). X-ray absorption, speed, and luminescent efficiency of rare earth and other intensifying screens. *Radiology* 130, 765-771.
36. Villagran J.E., Hobbs B.B., Taylor K.W. (1978). Reduction of patient exposure by use of heavy elements as radiation filters in diagnostic radiology. *Radiology* 127, 249-254.
37. Wagner R.F., Weaver K.E. (1976). Prospects for X-ray exposure reduction using rare earth intensifying screens. *Radiology* 118, 183-188.
38. Wickersheim, K.A., Buchanan, R.A., Sobon L.E. (1969). Study of rare earth activated materials for radiation-sensing application.  
U.S. Atomic Energy Commission, Lockheed Report No. 4-17-69-1

## 9. Danksagung

Herrn Prof.Dr.F.E.Stieve danke ich für die Überlassung des Themas und die Erstellung des Votums, Herrn Prof.Dr.J.Lissner für die Erstellung des ergänzenden Votums, Herrn Dr.K.Schneider für die Betreuung während der Durchführung der Arbeit und Herrn Dipl.Psych.M.Kohn für die Beratung in Fragen der Datenverarbeitung und Statistik. Für die Datenverarbeitung wurde die über das Terminal der Röntgenabteilung der Universitäts-Kinderklinik angeschlossene Siemens-Großrechenanlage des Klinikums Großhadern benutzt.

## Lebenslauf

1953 Geboren am 10.8. in Leverkusen  
Vater: Dr. med. Helmut Fendel, Arzt  
Mutter: Gisela Fendel, geb. Wahl

1960 -1963 Grundschule in Tübingen

1963 -1967 Gymnasium in Tübingen

1967 -1974 Gymnasium in München  
Abitur am 22.6.74 in München

1975 -1977 Ausbildung zum Medizinisch-technischen  
Radiologieassistenten

1977 Staatsexamen als Medizinisch-technischer  
Radiologieassistent

1978 -1984 Medizinstudium in Kiel, Bochum, Bonn und  
München  
Staatsexamen an der Ludwig-Maximilians-  
Universität in München am 16.5.84  
Approbation am 24.5.84

1984 Seit 1.10.84 Assistenzarzt der Univer-  
sitäts-Kinderklinik am Dr.von Haunerschen  
Kinderspital der Universität München



